


Vitam impendere Ver
x libris D. Borelli
LIT. ROLLA
ROMA

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

TOME XIV.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE,

Par MM. GAY-LUSSAC et ARAGO.

TOME QUATORZIÈME.



A PARIS,

Chez CROCHARD, Libraire, rue du Cloître Saint-Benoît, n° 16, près celle des Mathurins.

1820.

DE L'IMPRIMERIE DE FEUGUERAY,
rue du Cloître Saint-Benoît, n° 4.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

Sur *la Limite inférieure des neiges perpétuelles dans les montagnes de l'Himâlaya et les régions équatoriales.*

Par M. Alex. de Humboldt.

Dans un Mémoire (1) publié en 1806, j'ai fait connaître les résultats obtenus par les mesures barométriques et trigonométriques de M. Webb. Ces mesures fixent l'élévation des pics qui forment la crête des montagnes de l'Inde; mais comme on a énoncé le doute que les variations de la réfraction terrestre avaient pu causer de graves erreurs, j'ai examiné quel aurait été le coefficient de la réfraction si ces cimes de l'Himâlaya, auxquelles la mesure directe semble donner 7820 mètres (4013 toises), n'avaient effectivement que la hauteur du Chimborazo. En supposant un angle d'élévation extrêmement petit (2° 17′) et une distance de 1° 30′ en arc, on

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. III, p. 297.

trouve pour le coefficient de la réfraction 0,30, au lieu de 0,08. Ce résultat n'est pas admissible dans une zone aussi méridionale, et l'accord qui règne entre les évaluations de MM. Crawford, Macartney, Colebrook et Webb rend probable que plusieurs sommets de l'Himâlaya excèdent presque autant le Chimborazo, que le Mont-Blanc excède le Mont-Perdu, qui est la plus haute cime des Pyrénées. J'exposerai d'abord les résultats que nous devons aux recherches de M. Webb, tels qu'ils ont été consignés récemment dans un article très-intéressant du *Quarterly Review* (1); je comparerai ensuite ces faits nouveaux avec d'autres faits analogues et plus anciennement connus. Cette comparaison est le moyen le plus sûr pour éclaircir des phénomènes qui offrent des anomalies apparentes, et pour apprécier le degré d'influence qu'on peut assigner à des causes perturbatrices. Depuis que l'on a discuté, en France et en Angleterre, les travaux de M. Webb, ce voyageur a réussi à passer le dos des montagnes de l'Inde pour arriver dans le plateau d'Oundès, qui fait partie de ce qu'on appelle vaguement *le grand plateau de la Tartarie*. Les résultats de ce dernier voyage ont été très-importans pour la connaissance de la limite des neiges perpétuelles dans la partie centrale de l'Asie. Plus ces résultats paraissent en opposition avec ce que nous savons de la hauteur des neiges dans la Cordillère des Andes, et plus ils méritent de fixer l'attention des physiciens. La théorie des *lignes isothermes*, dont j'ai donné la première esquisse dans les *Mémoires de la Société*

---

(1) N° 44. Mars 1820, pag. 415-430. *Voyez* aussi *Quart. Journal of Litt. and Science*, vol. VII, p. 38.

d'Arcueil (1), n'est qu'un enchaînement raisonné de lois empiriques. Elle a ses *élémens numériques* comme le système du monde, et ces élémens ne peuvent être rectifiés que progressivement par le concours d'un grand nombre d'observateurs.

Depuis que M. Webb a été employé comme ingénieur-géographe dans la province de Kumaon, qui forme avec le Népal un plateau très-élevé à la pente méridionale de l'Himâlaya, il n'a cessé de faire des tentatives pour franchir les montagnes. Les entraves qu'offre la politique méfiante des chefs tartares et thibétains dépendans du gouvernement chinois, sont plus grandes encore que les difficultés qui naissent de la constitution géologique de ces montagnes sillonnées par des crevasses, et surmontées de pics inaccessibles. En 1816, M. Webb pénétra par le passage de Lebong jusqu'au poste tartare de Tuklakot, dans l'espoir d'obtenir la permission de traverser le Mont Kailas, et de visiter le Lac Sacré de Manasarowar, qui, par sa position, rappelle le lac Mica dans le plateau d'Antisana (2), dont j'ai trouvé la hauteur au-dessus du niveau de l'Océan, de 4107 mèt. (2107 toises). Le chef tartare déclara que dorénavant personne, venant de l'Inde, ne traverserait l'Himâlaya du sud au nord. En effet, le Deba ou gouverneur de Gertope (3) avait été

---

(1) Tome III, pag. 462-602, et, par extrait, dans les *Annales de Chimie et de Physique*, tome V, p. 102.

(2) Au pied du Cacatuna, dans les Andes de Quito.

(3) Dans la partie occidentale du Thibet, ou la province d'Oundès (Oon-des, *région des laines*), que les géographes d'Europe appellent vulgairement *petit Thibet*. M. Webb

déposé par le gouverneur chinois de Lassa, pour avoir permis à deux voyageurs anglais (sans doute MM. Hearsay et Moorcroft) de visiter le Lac Sacré.

En 1817, M. Webb obtint un excellent baromètre avec lequel il détermina la hauteur de la base sur laquelle il avait appuyé ses triangles, en mesurant vingt-sept pics de l'Himâlaya. Deux ans plus tard, cinq bonnes observations correspondantes faites à Calcutta rassurèrent M. Webb sur l'exactitude de ses résultats antérieurs. Il releva en outre une cime au-dessus du temple de Kedarnath qu'il n'avait pu voir jusqu'alors que sous un angle de hauteur beaucoup plus petit (26°.15'.15"). L'élévation calculée fut la même que celle qu'il avait trouvée à un grand éloignement, et dans des circonstances moins favorables pour les réfractions. Le temple de Kedarnath fut déterminé à 11897 pieds anglais (3654 mèt.) d'élévation au-dessus du niveau de l'Océan, et cependant il ne restait pas de neige dans les environs du temple, au-delà du commencement de juin. Il n'y avait donc pas de neige perpétuelle sur la pente méridionale de l'Himâlaya, sous les 30° 40' de latitude, à 3654 mètres (1875 toises)

---

assure que *teiba* signifie, dans la langue ghorcali, *un pic élevé*. C'est la province d'Oundès (le plateau entre Niti, Kienlang, Deba et Gertope) qui fournit, par Ladak, aux Cachemiriens la laine des schalls. (Moorcroft, dans les *Asiat. Res.*, t. XII, p. 450; *Hamilton*, *Account of Nepal*, p. 76.) On va de Gertope à Cachemire en dix jours, de Gertope à Lassa (par la poste aux chevaux) en vingt-deux jours.

de hauteur. C'est dans le temple de Kedarnath même, qui n'avait jamais été visité par un Européen, que M. Webb reçut le N° du *Quarterly Review* dans lequel on a élevé des doutes sur la hauteur des cimes de l'Himâlaya et du plateau du Thibet. Ces doutes étaient fondés en grande partie sur le manque de neiges observé par M. Moorcroft dans le passage de Niti. Le desir de vérifier la justesse de ces objections engagea M. Webb à s'avancer de Kedarnath à Niti. Il trouva sur son chemin plusieurs de ces pèlerins qui des plaines de l'Inde viennent visiter les lieux sacrés (un roc noir ressemblant à la croupe d'un buffle), pour se précipiter du haut d'une montagne coupée à pic, et se vouer à la mort.

En dépassant le village de Niti, M. Webb rencontra un piquet de cavalerie tartare qui l'empêcha de passer outre. Après une longue négociation avec le gouverneur de Daba, il obtint la permission de séjourner quinze jours dans le passage de Niti (*Nitee-Ghaut*). Le 21 août, à trois heures après midi, quatre baromètres marquèrent dans ce passage 16.27 pouc. angl. (413,25 millimètres), par 47° Fahr., ou 8°,3 cent. Or, le colonel Hardwicke fit en même temps à Dumdum, 50 pieds au-dessus du niveau de l'Océan, les observations suivantes, qui sont correspondantes à celles de M. Webb :

19 août.	Barom. 29 . 46 pouces.	Therm. 88° Fahr.
20	29 . 46	84
21	29 . 48	85
22	29 . 48	84
23	29 . 65	81
Moyenne,	29 . 51	84°,4 ;

ou 749,54 millimètres, par 29°,1 cent., à deux heures après midi. M. Webb déduit de ces hauteurs barométriques (j'ignore d'après quelle formule) une différence de niveau de 16814 pieds anglais, ou 2630 toises (1). La formule barométrique de M. de Laplace donne, en supposant la température du mercure égale à celle de l'air, 5077 mètres, ou 2605 toises. Or, à cette élévation extraordinaire, où, sous l'équateur même, la terre est couverte de neiges éternelles, il n'y en avait ici, sous les 31° de latitude, pas la moindre trace. M. Webb ne trouva ni glace ni neige dans le passage de Niti, pas même à 300 pieds plus haut, sur les escarpemens des montagnes voisines. Au nord du passage, à 2334 toises d'élévation, il a vu (sur les bords du Sutledge) des peupliers, des tamaris de 8 pieds de haut, de beaux pâturages et des champs cultivés en froment (2). Comment, ajoutent les éditeurs du *Quarterly Review,* ce froment parvient-il à mûrir dans un plateau où, selon M. Moorcroft, l'été commence à la mi-juin, et finit à la mi-août, où le 10

---

(1) En comparant les observations faites dans le passage de l'Himâlaya par le Nitee-Ghaut, à celles de M. Colvin, on trouve 16430 pieds; cependant les hauteurs barométriques correspondantes étant faites non à deux ou trois heures du soir, mais à midi, où le baromètre est un peu plus élevé, elles méritent moins de confiance que celles de M. Hardwicke.

(2) Dans le plateau de Daba. C'est une variété nouvelle de froment dont les graines ont été envoyées par M. Wallich au chevalier Banks. On la croit singulièrement utile aux fermiers des montagnes froides de l'Ecosse (*Highlands*) et des îles Hébrides.

et le 28 août, on a vu, par — 1°,7 du thermomètre centigrade, l'eau se geler à 2 pouces d'épaisseur ?

La région des neiges perpétuelles descend par conséquent beaucoup plus sur la pente méridionale de l'Himâlaya que sur la pente septentrionale où commence le plateau d'Oundès. Cependant, près du temple de Kedarnath à 3654 mètres (1875 toises), près du temple de Milem 3591 mètres (1843 toises), et dans le passage de Pilgointi-Churhai 3869 mètres (1986 toises), M. Webb a trouvé des pins, des chênes, des rhododendrons et une riche végétation. Dans cette région alpine, au sud de l'Himâlaya, le thermomètre centigrade se soutient en été, la nuit à 7° et 10°, et le jour à 15° et 24°.

Il résulte de l'ensemble de ces observations que nulle part jusqu'ici, dans l'Himâlaya, on n'a déterminé directement la hauteur de la limite inférieure des neiges perpétuelles, et que M. Webb croit avoir trouvé, en été, entre les 30° 25′ et 31° 15′ de latitude, des pâturages et une assez belle végétation, au nord de la crête de l'Himâlaya, à 4549 mèt. (2334 toises); au sud, à 3860 mèt. (1980 toises) de hauteur, au-dessus du niveau de la mer. Les phénomènes qu'offre le climat de la pente méridionale ne diffèrent pas beaucoup de ceux que nous observons dans d'autres régions du globe. J'avais évalué, dans mon premier Mémoire sur les montagnes de l'Inde, la limite (1) des neiges par 30° de latitude, à 3700 mètres (1900 toises) de hauteur; et comme les neiges se conservent près du temple de Kedarnath, à 3654 mètres

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. III, p. 313.

(1875 t) d'élévation, jusqu'au commencement de juillet, leur limite inférieure, pendant le court été de ces contrées, ne peut être beaucoup au-dessus 3800 mètres. En consultant les observations météorologiques de 1802 et 1803 que rapporte M. Buchanan-Hamilton dans son intéressant ouvrage sur le Népal (1), je trouve que sur le plateau de Kathmandu, qui forme, pour ainsi dire, une première terrasse au sud de l'Himâlaya, il règne une température telle qu'on aurait pu la déduire des résultats obtenus antérieurement (en Europe et en Amérique) sur la distribution de la chaleur à différentes hauteurs et sous différentes latitudes. Le plateau de Kathmandu, placé sous les 27° 41′, a, d'après la formule de M. de Laplace, une hauteur absolue (2) de 1483 mètres (756 t.). M. Hamilton trouve, par la simple différence des logarithmes, sans corriger par la température, Kathmandu élevé sur les plaines chaudes de Tariyani (3), 4140 pieds anglais (648 toises). Voici les moyennes de température, le thermomètre ayant été observé quatre fois par jour, à midi, à trois heures, à neuf heures du soir et à quatre heures du matin, ou en général au point du jour; je n'ai pas pris, comme M. Hamilton, la moyenne de toutes les observa-

---

(1) *Account of the kingdom of Nepal or the dominions of the house of Gorka*, 1819, p. 70, 197 et 319.

(2) Nous avons supposé la hauteur du baromètre au niveau de la mer de 337,8 lignes par 25°,3 cent.

(3) Les observations correspondantes étaient du même mois de février, mais pas du même jour. M. Hamilton suppose pour Kathmandu 25.25 pouces, pour les Tariyani, 29.60 pouces.

tions, mais la moyenne des *minima* et *maxima* diurnes, à trois heures et au lever du soleil. La différence des deux méthodes n'est cependant que très-petite : la première donne 17°,5; la seconde 16°,9 cent.

MOIS, Lat. 27°.41′ haut. 1483 m.	THERMOM. centigr. moyennes des jours.	THERMOM. centigr. moyennes de midi.	BAROMÈTRE, MESURE ANGLAISE.				MOYENNES baromèt. des 4 observ. précéd.	QUANTITÉ de pluie évaluée en pouces (mes. ang'.)
			Moyennes de midi.	Moyennes de 3 heures.	Moyennes de 9 heures.	Moyennes au lever du soleil.		
Mai.	22·6	24°.3	25·46	25·40	25·41	25·43	25·40	0·00
Juin.	23·0	25·2	25.20	25.19	25.81	25.18	25·19	0·00
Juillet.	23·8	25·7	25.13	25.11	25 13	25 13	25·13	8·32
Août.	21·9	23·3	24.98	24.94	24.96	24.96	24·96	10·34
Septemb.	21·7	22·5	25.05	25.01	25.03	25.03	25·03	5·54
Octobre.	18·9	19·6	25.20	25.16	25.32	25.22	25·22	3·33
Novemb.	14·1	15·8	25.31	25.24	25.28	25.34	25·29	0·08
Décemb.	10·5	11·6	25.31	25.24	25.31	25.36	25·30	0·00
Janvier.	7·9	10·3	25.32	25.27	25.31	25.36	25·32	0·44
Février.	9·7	11·4	25.28	25.21	25.25	25.26	25·25	1·79
Mi-Mars.	11·6	13·4	25.25	25.18	25 19	25.22	25·21	0·00
Moyennes.	16° 9	18°.5	25.23	25.19	25.27	25.23	25,23	. . . .

Ce tableau prouve qu'à la hauteur de 1483 mètres et sous une zone si rapprochée du tropique, la moyenne des observations de midi est seulement de 1°,6 plus élevée que la température moyenne du jour. Dans nos climats (lat. 46°—49°), cette différence (1) est de 3°. Les

(1) M. Arago a trouvé, en 1813, pour Paris, par les seules observations de midi, 13°,8. La vraie moyenne de cette année était 9°,9. M. Ramond donne, pour l'heure de midi, à Clermont (lat. 45° 46′, haut. 210 toises) par sept années d'observations, 13°,7, savoir : (hiver, 4°,4; printemps, 13°,9;

variations barométriques indiquent très-bien l'effet des petites marées horaires, quoique les observations n'aient malheureusement pas été faites aux heures des *maxima* et des *minima*, qui sont vraisemblablement 9^h 15′ du matin et 11^h du soir, 4^h du soir et 4^h 30′ du matin (1).

Les sources près de Kathmandu sont un peu plus chaudes que la température moyenne de l'air; M. Hamilton les a trouvées (2) à 17°,7. Ces résultats, qui sont tirés d'observations faites dans l'Inde, sont à-peu-près conformes à ce que les voyageurs ont éprouvé dans d'autres parties du monde, sur le décroissement du calorique et le climat des plateaux qui ont la hauteur de Kathmandu. La température moyenne de la Havane (lat. 23° 10′) est 25°,6 : celle du Caire (lat. 30° 2′) est de 22°,4. Comme les lignes

---

été, 21°.6; automne, 14°,4). La vraie température moyenne de Clermont est de 10° cent.

(1) Francis Balfour et John Farquhar ont observé, en 1795, qu'au Bengale le baromètre est stationnaire de $18^{h.}$ à $19^{h.}$ 30′; que de là il monte jusqu'à $20^{h.}$, quelquefois jusqu'à $22^{h.}$; que de $22^{h.}$ à midi il est stationnaire, que puis il descend jusqu'à $3^{h.}$; que de $3^{h.}$ à $8^{h.}$ il est stationnaire, qu'ensuite il monte jusqu'à $11^{h.}$, où il est aussi haut qu'à $21^{h.}$; qu'enfin il reste stationnaire jusqu'au lever du soleil. (*Asiat. Researches*, vol. IV, p. 217.)

(2) Toutes les sources du plateau du Népal indiquent la hauteur considérable de ce lieu. Entre 26° 41′ et 27° 3′ de latitude, où la température moyenne des plaines est de 23°—24°, les sources de Taukot ont 15°,2 cent.; celles de Chitlong 14° 3; celles de Bhimpedi 16°,9.

isothermes, si près des tropiques, sont assez parallèles à l'équateur, la température moyenne des plaines est probablement 23°,3, par 27° 41′ de latitude. En supposant, comme je l'ai observé dans la Cordillère des Andes, pour les premiers mille mètres d'élévation, un décroissement de 170 mètres, correspondant à 1° de refroidissement, on trouve qu'un point placé à la pente d'une montagne à 756 toises d'élévation doit avoir, sous la latitude de Kathmandu, 23°,3 — 8°,6 ou 14°,7 de température moyenne. Les observations directes donnent 16°,9, et cette différence de 2°,2 est bien peu considérable dans un plateau qui rayonne de la chaleur. Au sud de l'Himâlaya, rien ne paraît indiquer jusqu'ici une constitution physique très-différente de celle des autres continens.

La pente septentrionale de l'Himâlaya, ou, pour parler avec plus de précision, le dos de cette immense Cordillère qui se prolonge, au nord de Niti, dans les plateaux d'Oundes et du Thibet, offre des phénomènes tellement extraordinaires qu'ils méritent toute l'attention des physiciens. M. Webb n'eut pas la permission de sortir du Col de Niti, et de porter ses instrumens dans le plateau de Daba. Il dut se contenter de prendre l'angle de dépression (1° 28′ 10″) d'un point sur les bords du Sutledge (1); en supposant, d'après la carte de Moorcroft, la distance du point observé de 15 ½ milles, il en conclut que ce plateau de Daba et de Doompoo à travers lequel serpente le Sutledge, et qui offre de beaux pâturages et des champs cultivés en froment, est encore

(1) Affluent de l'Indus.

élevé de 2334 toises au-dessus du niveau de l'Océan. Nous ne connaissons malheureusement pas la nature et les dimensions de l'instrument avec lequel M. Webb a pris ce petit angle de dépression. La carte de M. Moorcroft, fondée sur l'autorité d'un *marcheur* indou qui faisait pendant des semaines entières des pas de quatre pieds et d'une égalité surprenante, a été trouvée suffisamment (*tolerably*) exacte dans la partie que M. Webb a pu vérifier par ses propres mesures; cependant, lorsqu'il s'agit d'une opération dans laquelle le rayon visuel rasait de si près la surface du sol inégalement échauffée, on desirerait que la distance du point dont on avait observé l'angle de dépression eût été plus rigoureusement déterminée. Malgré la confiance que méritent les travaux de M. Webb, nous regarderons cette évaluation de la hauteur des pâturages et des champs cultivés en froment à Daba et à Doompoo comme beaucoup moins certaine que la hauteur du col de Niti, dans lequel, à la mi-août, sous la latitude de 31°, il n'y avait pas une trace de neige. Nous pouvions supposer, sous ce parallèle, la limite inférieure des neiges à 1900 toises. Elle paraît s'écarter très-peu de ce nombre à la pente méridionale de l'Himâlaya : mais au nord, nous la trouvons plus élevée que sous l'équateur. Quelles sont les causes de cette différence entre deux zones qui avoisinent la chaîne centrale de l'Himâlaya (1)? Des observations faites en

---

(1) La grande chaîne qui sépare le Népal du Thibet et de la province d'Oundès, et où se trouve le Col de Niti. Il est assez douteux auquel des différens chaînons de l'Himâlaya appartiennent les pics mesurés par le colonel Crawford.

d'autres parties du globe peuvent-elles expliquer suffisamment cette anomalie apparente ?

Nous connaissons avec assez de précision les circonstances qui modifient la distribution de la chaleur sur le globe ; nous savons ce qui augmente et ce qui diminue la température ; mais l'analogie des faits observés ne nous conduit pas toujours à évaluer en quantités numéques le degré d'influence de telle ou telle cause perturbatrice. La théorie de la chaleur nous indique que les montagnes ont à chaque hauteur, outre le climat général, appartenant à telle ou telle latitude, des climats particuliers modifiés par le rayonnement des plateaux, l'escarpement du terrain, la nudité du sol, l'humidité des forêts et les courans d'air qui descendent, vers le soir, des cimes voisines. Cette même théorie nous enseigne que des villes situées sur des plateaux, par exemple, Huancavelica (1835 t.), Micuipampa (1816 t.), Quito (1492 t.), Caxamarca (1464 t.), Santa-Fe de Bogota (1364 t.) et Mexico (1168 t.), doivent avoir un climat plus chaud que des villes qui, à égale hauteur,

---

(*Hamilton*, *Account of Nepal*, p. 92.) Les montagnes couvertes de neige que l'on découvre dans les plaines de l'Inde sont probablement des chaînes méridionales qui, par l'agroupement de leurs cimes et leur largeur, se confondent dans quelques endroits avec le chaînon central : c'est au nord des *Lacs Sacrés* que se prolonge, de l'est à l'ouest, le chaînon le plus septentrional dont le Kailas fait partie, et que M. Hamilton croit plus élevé que les sommets déjà mesurés. Toutes ces chaînes de montagnes laissent des ouvertures aux passages des rivières.

sont placées sur la pente des Cordillères (1) ; mais les observations directes seules ont pu nous apprendre (2) que la température moyenne n'augmente dans les Andes par l'effet des plateaux que de 1°,5 à 2°,3 du thermomètre centigrade.

Aucun des phénomènes qui ont rapport à la distribution de la chaleur sur le globe n'est plus compliqué, on pourrait dire plus dépendant de la localité, que le phénomène des neiges perpétuelles. Dans les plaines, on ne trouvera pas un seul point sur le globe où la bande isotherme de 25° coupe le parallèle géographique de 31°, c'est-à-dire, où la température moyenne de l'année entière soit égale à celle de 18° ou 20° de latitude. La courbe des neiges

---

(1) J'aurais pu ajouter la ville de Potosi (2069 toises). On assure que la hauteur moyenne du baromètre y est 210,5 lign. (lat. austr. 19° 48′), et qu'à la cime du *Cerro del Potosi*, elle est 190,7 lignes. Ces observations curieuses sont tirées d'un nivellement barométrique de Tucuman à Potosi, qui fait l'objet d'un Mémoire récemment publié à Buenos-Aires par le Dr Jose Redhead. (*Sobre la dilatacion del aire atmosferico*, p. 7). La cime du *Cerro del Potosi*, couverte de porphyre granatifère, aurait donc près de 2500 toises au-dessus du niveau de la mer. On l'a crue jusqu'ici élevée de 697 toises au-dessus de la ville. (*Voyez* mon *Essai pol. sur le Mexique*, t. II, p. 611.) Le résultat de cette nouvelle mesure du *Cerro del Potosi* me paraît d'autant plus extraordinaire que je n'ai jamais entendu dire que la montagne entrât dans la limite des neiges perpétuelles.

(2) *Voyez : De l'effet des plateaux sur la température*, dans mon *Rec. d'obs. astr.*, vol. I, p. 130, et mon *Mémoire sur les Lignes isothermes*, p. 126.

perpétuelles n'est pas une ligne isotherme ; elle n'indique ni le terme de la congélation (1), comme on l'admettait vaguement jadis, ni une couche d'air d'égale température moyenne. Cette température moyenne de l'air est, au Chimborazo, là où les neiges commencent à se conserver pendant toute l'année, + 1°,5 ; au Saint-Gothard, — 3°,7 ; dans la zone glaciale, — 6°. La limite des neiges suit moins la trace des lignes isothermes (2) de la plaine, que les inflexions des lignes isothères (3). Elle dépend, comme la possibilité de cultiver la vigne, du partage de la chaleur annuelle entre les différentes saisons, de la longueur et de la température plus ou moins élevée des étés, du nombre des mois dont la température est au-dessus de 4° à 5° degrés. Si toutes les montagnes couvertes de neiges éternelles, au lieu d'être liées les

---

(1) Pour trouver sous un parallèle quelconque la couche de l'atmosphère où la température moyenne est zéro, il suffit d'élever des ordonnées de différentes longueurs. La surface qui passe par les sommets de ces ordonnées verticales est une *surface isotherme* de 0°, et c'est son intersection avec le globe qui marque la trace de la *ligne isotherme* de 0° dans les plaines.

(2) Lignes d'égale chaleur annuelle.

(3) Lignes d'égal été. Les *lignes isothères* s'écartent bien plus des parallèles géographiques que les *lignes isothermes*. Nous trouvons que, dans le système des climats européens, les latitudes géographiques de deux endroits qui ont la même température annuelle ne peuvent différer que de 4° à 5° ; tandis que nous trouvons une même température d'été à Moscou et à l'embouchure de la Loire, malgré la grande différence de 11° en latitude.

unes aux autres dans des chaînes continues, ou d'être adossées à des plateaux plus ou moins larges, formaient des cônes isolés et d'égale dimension, il est probable que la limite des neiges, par différens méridiens, serait à la même hauteur au-dessus d'une ligne isothère tracée à la surface du globe, au niveau de l'Océan. Dans cette supposition, la hauteur des neiges servirait à trouver par un multiple (1) la chaleur moyenne, non de l'année, mais des étés dans la plaine. Or, comme les lignes isothermes ont des sommets convexes dans l'intérieur des grands continens, et que surtout les étés y sont plus chauds que l'on ne devrait s'y attendre d'après la latitude des lieux, il en résulte qu'à cause de l'échauffement estival des plaines, les neiges perpétuelles sont plus élevées dans l'intérieur des terres que sur les côtes et dans des continens qui offrent moins de masse et de surface rayonnante (2). Outre cet effet de la température estivale des plaines qui rayonnent de la chaleur, il y a aussi, dans les hautes régions de l'air, dans la conformation des montagnes mêmes, des causes qui relèvent ou abaissent inégalement la limite des neiges sur une même bande isothère tracée à la surface du globe, au niveau de l'Océan. Pour apprécier ces causes, il suffit de rappeler les diverses circonstances qui modifient le décroissement du calorique dans l'atmosphère, et le froid qui règne sur nos montagnes.

---

(1) *Voyez* mon *Essai sur la Géographie des plantes*, p. 132.

(2) *Voyez* le Mémoire de M. Léopold de Buch, dans son *Voyage en Laponie*, t. II, p. 393. (*Ann.*, t. II, p. 183.)

Remarquons d'abord que si le globe n'était pas enveloppé d'un mélange de fluides aériformes qui augmentent de capacité pour le calorique à mesure qu'ils se raréfient, il ferait presque aussi chaud à 8000 mètres de hauteur qu'à la surface de l'Océan. Comme chaque point du globe rayonne en tout sens, l'intérieur d'une enveloppe sphérique qui reposerait sur la cime des plus hautes montagnes recevrait la même quantité de calorique rayonnant que les couches inférieures de l'atmosphère. Le calorique, il est vrai, serait réparti sur une surface un peu plus grande; mais la différence de température serait insensible (1), puisque le rayon de l'enveloppe sphérique serait à celui de la terre comme 1,001 à 1. Dès que nous considérons la terre entourée d'un fluide aériforme élastique et transparent, le décroissement de la température s'établit. L'air chauffé à la surface du globe s'élève, se dilate et se refroidit. Il se refroidit de deux manières, et par la dilatation qui produit un accroissement de capacité pour le calorique (2), et par un rayonnement plus libre à travers d'autres couches également raréfiées. Ce sont les courans ascendans et descendans de l'air qui conservent la température décroissante de l'atmosphère. Lorsqu'on aura déterminé avec plus de précision, par des expériences faites dans le vide ou dans un air très-raréfié, quelle est la diminution de température dans l'air qui se dilate, on saura ce qui, *dans le froid des montagnes*, appartient à l'accroissement de capacité

---

(1) *Lignes isothermes*, p. 120.

(2) *Leslie*, *on heat and moisture*, 1813, p. 11; et *Elements of Geometry*, *ed.* 2, p. 493.

ou au rayonnement des couches atmosphériques supérieures.

Dans l'état actuel de notre planète, la température des hautes régions de l'atmosphère dépend : 1° de la chaleur normale des plaines, c'est-à-dire, des inflexions des lignes d'égal été ou d'égal hiver (1) (la courbe des neiges doit s'élever par-tout où les lignes isothères tracées au niveau de l'Océan ont un sommet convexe); 2° de la masse et de la configuration des montagnes (quoique les plateaux auxquels les montagnes sont adossées perdent de nuit, par le rayonnement plus libre à travers un air très-sec et très-serein, une grande partie de la chaleur qu'ils ont acquise pendant le jour, ils augmentent pourtant considérablement la température estivale des hautes régions de l'air en raison de leur étendue. D'un autre côté, l'agroupement de plusieurs montagnes neigeuses (2), comme le volume et l'élévation de la masse couverte de neiges perpétuelles, fait baisser la limite des neiges); 3° des couches de nuages et de vapeurs placées entre les plaines et la limite des neiges. (La production du calorique qui est l'effet de l'extinction de la lumière, et qui diminue avec la densité des couches d'air superposées, n'est pas appréciable pour nos instrumens; mais

---

(1) *Lignes isochimènes.* C'est la position de ces lignes sur les côtes occidentales de France (en Bretagne et en Normandie) qui rend possible la culture des lauriers, des grenadiers et des arbousiers en pleine terre, tandis que la position des *lignes isothères* favorise, sur les mêmes parallèles, dans l'intérieur du continent, la culture de la vigne.

(2) Ramond, *Observations faites dans les Pyrénées*, p. 288-320; Arago, dans les *Annales de Chimie, etc.*, t. II, p. 192.

des amas de vapeurs vésiculaires, les nuages à contours distincts tels que je les ai vus dans les Andes (1) jusqu'à 3000 toises d'élévation, s'échauffent sensiblement, et émettent à de grandes distances le calorique rayonnant. Dans la région des gros nuages, entre 1000 et 2000 mètres de hauteur au-dessus de la surface de l'Océan, la chaleur décroît avec beaucoup de lenteur (2). A de moindres hauteurs, par exemple, sur la pente orientale des Cordillères du Mexique, un strate épais de nuages augmente pendant plusieurs mois le froid des régions supérieures, en interceptant le calorique rayonnant des plaines). 4° Des vents horizontaux soufflant d'une zone plus ou moins chaude au-dessus de 1800 à 2000 toises de hauteur. (Ces vents, que l'on ne ressent pas dans les basses régions, sont très-communs et très-impétueux dans les *Paramos* des Cordillers, et paraissent tenir à des causes générales.)

En Asie, la chaleur des étés ou le relèvement des lignes isothères augmente l'élévation de la courbe des neiges jusque dans la chaîne du Caucase. Ce phénomène m'avait frappé (3) avant que j'eusse connaissance des mesures de M. Webb. Le mont Kasbek, dans la chaîne du Caucase, est à peine d'un demi-degré plus méridional que les Pyrénées, et les neiges perpétuelles s'y soutiennent à la pente septentrionale, d'après les mesures baro-

(1) M. d'Aubuisson a fait la même observation en Europe. *Traité de Géognosie*, t. I, p. 435.

(2) *Lignes isoth.*, p. 134.

(3) *Voyez* mes *Prolegomena de distribut. geogr. plant.*, p. 124.

métriques de MM. de Engelhardt et Parrot, à 1650 toises, tandis que, dans les Pyrénées (latit. $42^\circ \frac{1}{2}$—43°), M. Ramond évalue cette limite à 1350 ou 1400 toises (1). Cette différence de 300 toises est bien remarquable; mais il ne faut point oublier que, d'après la loi du décroissement du calorique, elle peut être l'effet d'une augmentation de température estivale de 3° seulement. Le Caucase est placé dans un isthme étroit entre deux mers; mais ces mers sont très-petites en comparaison du vaste continent, qui s'étend au nord par le plateau (2) de Moscou, vers l'Océan glacial. Tel est le relèvement des lignes isothères dans ce continent, qu'à Moscou (lat. $55^\circ 45'$), sur une ligne isotherme de $4^\circ,5$, la température du mois le plus chaud est de $21^\circ,4$, lorsqu'à Paris (lat. $48^\circ 50'$), sur une ligne isotherme de $10^\circ,6$, le mois le plus chaud n'est généralement que de $18^\circ,5$.

L'Himâlaya a une position plus centrale, je dirais presque plus continentale encore. Sur sa pente septentrionale, deux causes agissent simultanément, savoir : la forte chaleur des étés de l'Asie (3) (le relèvement des lignes

---

(1) On peut fixer la limite pour les Alpes, terme moyen, à 1370 toises. M. de Saussure (*Voyage dans les Alpes*, § 942) l'évalue à 1300 ou 1450 toises. Il y a des différences considérables entre le revers septentrional et le revers méridional des Alpes.

(2) Ce plateau de la Russie centrale n'a que 143 toises de hauteur.

(3) Encore à Pékin (lat. $39^\circ 54'$, temp. moyenne $12^\circ,7$), dans un lieu rapproché des côtes orientales, la température moyenne de l'été est, d'après six années d'observations du père Amyot, $28^\circ,1$; lorsqu'à Rome (lat. $41^\circ 53'$ tempér.

isothères) et le rayonnement d'un plateau auquel les montagnes sont adossées, et qui surpasse en étendue tout ce que nous connaissons sous d'autres zones. Nous désignons sous le nom de *limite inférieure des neiges* la courbe qui passe par la plus grande hauteur, à laquelle les neiges se conservent pendant le cours d'une année. Dans chaque zone, même sous l'équateur où la température moyenne des mois diffère (1) si peu, cette courbe atteint, en différentes saisons, un *maximum* et un *minimum* d'élévation, et c'est la quantité de cette variation qui constitue ce que j'ai appelé l'*oscillation annuelle de la limite des neiges inférieures.* Pour bien juger du phénomène que nous discutons, il faudrait connaître avec précision l'étendue de cette oscillation, depuis l'équateur jusqu'au parallèle où est placé l'Himâlaya. On reconnaît d'abord que la hauteur à laquelle le bord des neiges remonte tous les ans ne dépend pas uniquement de la chaleur et de la durée des étés; l'épaisseur qu'ont les neiges à leur lisière inférieure y contribue puissamment; et à mesure que l'on s'écarte du tropique, le phénomène de l'oscillation annuelle des neiges devient plus irrégulier. De plus, sous les 42° et 46° de latitude, les

---

moyen. 15°,8) elle n'est que de 24°,0, et au Caire (lat. 30° 2′ temp. moyen. 22°,4) de 29°,5.

(1) La différence du mois le plus froid et du mois le plus chaud est en Amérique, dans les plaines de Cumana (latit. 10° 27′, temp. moyen. 27°,7), de 3°; à la Havane (lat. 23° 10′, temp. moyen. 25° 6), de 7°,7; à Natchez (lat. 31° 28′, temp. moyen. 18°,2), de 16°,2; à Philadelphie (lat. 39° 56′, temp. moyen. 11°,9), de 24°,6 cent.

neiges permanentes varient en été, à une même époque de l'année, de 100 à 130 toises de hauteur, selon qu'une montagne est placée dans le centre de la chaîne ou vers son extrémité, selon qu'elle est plus ou moins élevée, et qu'en hiver elle se couvre de plus ou moins de neige (1). Je vais réunir ici succinctement des données partielles qui sont tirées de mes journaux d'observations, et qui n'ont point encore été publiées. Il est presque inutile d'avertir que, dans ce Mémoire, on n'a jamais confondu le phénomène des neiges perpétuelles avec celui des glaciers. La limite inférieure des glaces est entièrement indépendante de l'élévation du sol. Il y a des glaciers dans l'Himâlaya, comme dans toute la zone tempérée; je n'en ai pas vu sous la zone torride, entre les 14° de latitude méridionale et les 20° de latitude boréale. L'égalité de température qui règne sous les tropiques pendant toute l'année, dans les couches d'air superposées, s'oppose à leur formation et à leur durée. Les énormes agglutinations de grêle que l'on trouve couvertes de sables et de trachytes broyés, au Chimborazo, appartiennent à une classe de phénomènes entièrement différens.

Equateur. (De 0° à 1° 30'.) L'Amérique est le seul pays où l'on ait déterminé jusqu'ici la hauteur des neiges sous la zone torride. Cependant les résultats obtenus par les savans français et espagnols qui ont été employés à la

---

(1) Dans les Pyrénées, où M. Ramond trouve la hauteur moyenne des neiges de 1375 toises, *Neouvielle* et le *Pic Long* n'en ont qu'à 1450 toises, le *Pic du Midi* n'en a pas même à 1506 toises. (*Ann.*, t. II, p. 192.)

mesure du degré de la méridienne de Quito, diffèrent de près de 140 t. Cette différence n'indique pas que la hauteur varie jusqu'à ce point sur les différentes montagnes des Andes équatoriales : elle provient de ce que les mêmes mesures en partie barométrique, en partie trigonométrique, ont été calculées d'après différentes méthodes. Bouguer s'arrête à 2434 et 2440 toises (1), La Condamine à 2430 ou 2470 toises (2). Une inscription gravée sur une table de marbre que, malgré la destruction de l'ordre des Jésuites, j'ai trouvé conservée dans un des corridors du collége de la Compagnie à Quito, dit d'une manière plus précise : *Altitudo acutioris ac lapidei cacuminis nive plerumque operti 2432 hexapedes parisienses ut et nivis infimæ permanentis in montibus nivosis.* Ulloa et Don Jorge Juan (3) n'assignent à la limite de neige que de 2331 toises. Depuis 1745, aucun voyageur n'a

---

(1) *Fig. de la Terre*, pl. L et XLVI.

(2) *Voyage à l'Equateur*, p. 35 et 48.

(3) *Relacion del Viage*, t. II, p. 568. Cette détermination d'Ulloa est d'autant plus extraordinaire que les astronomes espagnols ont trouvé les sommets de Cotopaxi, du Chimborazo et d'autres montagnes des Andes, généralement plus élevés que les astronomes français. La tente des académiciens se trouvait établie sur la pente du volcan de Cotopaxi, dans le ravin de Pucaguaicu, 30 ou 40 toises au-dessous de la limite des neiges. Des angles de dépression donnèrent pour la différence de niveau entre les signaux de Pucaguaicu et de Caraburu, 1023 toises; enfin, Caraburu fut trouvé barométriquement de 1268 toises au-dessus de l'Océan.

été dans le cas de vérifier la détermination de la limite des neiges sous l'équateur. L'imperfection des méthodes barométriques employées lors de la mesure de la méridienne de Quito pouvait même faire soupçonner de graves erreurs. La moyenne des observations que j'ai faites en 1802, sous des circonstances favorables, donne 2470 toises. Ce résultat est contraire aux calculs des astronomes espagnols.

Le volcan de Pichincha a quatre cimes rocheuses : je les ai trouvées par des mesures barométriques directes, par des angles de hauteur pris à Quito, et par une mesure trigonométrique faite à Cachapamba, dans un plateau de 1341 toises d'élévation, comme il suit :

Rucupichincha......	2490 toises.
Huahuapichincha....	2458
Tablauma..........	2389
Cono de los Ladrillos.	2401

De toutes ces cimes, le *Vieux*-Pichincha (*Rucu*-Pichincha) seul est couvert de neige, à de rares exceptions près, pendant toute l'année. La limite inférieure m'a paru constamment de 25 à 35 toises plus basse que le sommet. Le *Fils*-Pichincha (*Huahua*-Pichincha) n'a pas de neiges perpétuelles ; mais ce pic rase, pour ainsi dire, la courbe des neiges, comme le savent tous les habitans de Quito. Cette circonstance est très-importante. Il est difficile de deviner ce que M. de La Condamine appelle *Cacumen lapideum*, cime qui se couvre, d'après l'inscription du Collége des Jésuites, très-souvent (*plerumque*) de neige. J'ai pensé que c'était Huahuapichincha ; car, en regardant comme exacte la hauteur barométrique indiquée par

Bouguer (1), et en la calculant d'après la formule de M. de Laplace, on trouve pour le *Cacumen* 37 toises de plus que Bouguer, ou 2469 toises. C'est presque le nombre auquel je me suis arrêté, d'après une mesure directe. La limite des neiges perpétuelles passe donc, au volcan de Pichincha, quelques toises au-dessus du sommet de Huahua-Pichincha, et 25-35 toises au-dessous du sommet de Rucu-Pichincha, dont la hauteur absolue n'avait pas été déterminée avant mon voyage. Je suis entré dans des détails qui peuvent paraître minutieux ; mais on verra, par les mesures que je vais rapporter, qu'à cause de l'égalité de température des couches d'air équatoriales, les neiges perpétuelles conservent, sur des montagnes de formes très-différentes, pendant toute l'année, à 20 ou 30 toises près, exactement la même hauteur. Aux yeux des habitans des zones équatoriales, la limite inférieure des neiges paraît comme une ligne continue et horizontale. La distance dérobe à leurs yeux les petites inégalités, et les physiciens accoutumés aux anomalies et à l'aspect des montagnes neigeuses de la zone tempérée (des Alpes et des Pyrénées), ont vu sans doute avec une sorte de surprise les dessins qui représentent la région glacée des Cordillères de Quito et du Mexique (2).

---

(1) *Cacumen lapideum* : 15 p. 11 l. (*Mém. de l'Acad.* 1744 p. 263). Je suppose la température de 4° *Réaum.* L'erreur ne peut être que de 2° — 3° sur toute la colonne d'air renfermée entre les stations supérieure et inférieure.

(2) *Voyez* les neiges perpétuelles dans mes *Vues des Cordillères*, pl. 5, 10, 16, 25, 35, 42, 51 et 61 ; dans

Au Chimborazo, j'ai trouvé les neiges perpétuelles, par une mesure trigonométrique faite dans le plateau de Tapia (1) (près de la ville de Riobamba-nuevo), 2471 toises au-dessus du niveau de la mer du Sud. Le diamètre de la montagne, là où commencent les neiges, m'a paru, d'après des angles pris à différentes époques, de 6715 mètres (3445 t.). Je n'ai point porté moi-même des baromètres sur le petit *Nevado del Corazon*, que Bouguer et La Condamine ont cru la hauteur la plus considérable à laquelle ils fussent parvenus dans la Cordillère des Andes (2). Les neiges du Corazon se conservent constamment 40 toises au-dessous du sommet, et comme on trouve pour ce sommet, en calculant l'observation de Bouguer d'après la formule de M. de Laplace, 2498 toises, la limite des neiges au Corazon est à 2458 toises de hauteur. Le même jour où sur le volcan d'Antisana nous sommes parvenus, M. Bonpland et moi, à 2837 t. d'élévation, le baromètre nous indiquait pour la ligne des neiges 2493 t. Au volcan de Cotopaxi, cette ligne se soutenait d'après une mesure trigonométrique faite dans les plaines ponceuses de Mulalo, à 2538 t. d'élévation ; mais ce cône volcanique est peu propre à ce genre de détermination.

---

mon *Atlas de la Nouvelle-Espagne*, pl. 16 et 17 ; dans l'*Atlas géogr. de l'Amérique méridionale*, pl. 1.

(1) Comparez mon *Rec. d'observ. astr.*, t. I, p. LXXII ; et *Zach*, *de l'attraction des montagnes*, vol. I, p. 7.

(2) Ces savans avaient été plus haut sans le savoir, à Rucu-Pichincha, sur un des rochers qui entourent le cratère ; mais ils n'étaient alors munis d'aucun instrument.

Les habitans de ce pays, si souvent dévasté par des tremblemens de terre et par le feu des volcans, savent très-bien que le Cotopaxi et le Tunguragua se dépouillent entièrement de leurs neiges quelque temps avant que les éruptions aient lieu; les parois de ces immenses cônes paraissent avoir moins d'épaisseur que ceux des autres volcans encore actifs. « Le peu de neige indique de la malice » (*poca nieve prueva picardia*), dit naïvement le peuple. En janvier 1803, lorsque, huit mois après mon voyage au Cotopaxi, ce volcan jeta des flammes et des scories, cette catastrophe fut précédée d'une fonte totale des neiges. La hauteur ordinaire de celles de Cotopaxi paraît peu différer de la hauteur que je regarde comme normale pour la zone équatoriale. Dans un travail intéressant que M. Oltmanns a entrepris sur les élévations absolues des signaux de la méridienne de Quito, il a trouvé qu'en 1738 les hauteurs barométriques prises par Ulloa donnaient, en les calculant d'après la formule de M. de Laplace, exactement 2490 toises (1).

(1) Ce résultat se fonde sur la hauteur du signal de Pucaguaicu qui est au-dessous de la limite des neiges, non de 40 toises, comme dit Ulloa (*Viage*, t. II, p. 213), mais de 160 à 180 toises, comme l'énonce clairement Bouguer en trois endroits différens de la *Figure de la Terre* (pl. XLVII, CX et 106). Les doutes que, malgré les travaux des astronomes français et espagnols, on a eus jusqu'ici sur la hauteur des cimes colossales des Andes, naissent principalement de la hauteur du signal de Caraburu, auquel toutes les autres stations de la méridienne ont été réduites. Or, Bouguer croit Caraburu élevé au-dessus de l'Océan de 1214 toises;

Il résulte de l'ensemble des observations que je viens de rapporter, et qui ont été calculées d'après des méthodes uniformes, qu'entre 0° et 1° 28' de latitude australe on trouve la limite inférieure des neiges perpétuelles dans le nouveau continent, par :

Rucupichincha, lat. 0° 10' sud.	2455 toises.
Huahuapichincha............	2460
Antisana*, lat. 0° 31' sud.....	2493
Corazon, lat. 0° 32' sud.....	2458
Cotopaxi*, lat. 0° 41' sud.....	2490
Chimborazo, lat. 1° 28' sud..	2471
Moyenne,	2471 toises.

Don Jorge Juan, d'après deux hypothèses, de 1155 t. et de 1283 t.; La Condamine, de 1226 t.; Ulloa, de 1268 t. Ces nombres ont été obtenus par un calcul dont les élémens sont nombreux et incertains. Une montagne, Ilinissa, a été mesurée à la fois au-dessus du plateau de Caraburu et au-dessus d'une plaine (de la province des Esmeraldas) dont on ne connaît l'élévation absolue que par des évaluations de la pente des rivières. La mesure directe de Caraburu donne, d'après la formule barométrique de M. de Laplace, 1248 toises. Je trouve qu'en général les hauteurs publiées par Bouguer sont 30-40 toises trop petites, et que celles d'Ulloa approchent un peu plus de la vérité ou pèchent par excès.

Stations.	Formule de M. de Laplace.	Ulloa.	Bouguer.
Cabane de Pichincha.	2469 t.	2471 t.	2432 t.
Corazon.............	2498	.....	2470
Ville de Quito......	1492	1517	1466
Pucaguaicu..........	2320	2303	2263

Comme le Cotopaxi offre quelques doutes à cause du peu d'épaisseur des parois de son cône, et que l'Antisana est environné, à 2100 toises de hauteur, d'une vaste plaine qui rayonne de la chaleur, et qui tend à élever la limite des neiges, il est peut-être plus prudent de fixer cette limite sous l'équateur, à 2460 toises, ou en nombres ronds, à 4800 mètres. J'ai ajouté les latitudes pour prouver que de petites différences de 1° à $1°\frac{1}{2}$ n'agissent pas d'une manière sensible sur les hauteurs. Le Corazon, Rucupichincha, et probablement aussi Antisana et le Chimborazo sont des dômes trachytiques dont le feu souterrain est très-éloigné, ou qui n'ont pas eu d'éruption depuis un grand nombre de siècles.

Bouguer fait une observation curieuse sur une montagne qui est adossée au Chimborazo, et dont la cime s'est écroulée pendant un terrible tremblement de terre, dans la nuit du 19 juillet 1698. « Quoiqu'il s'en manque beaucoup, dit-il (1), que le Carguairazo n'atteigne la ligne de niveau qui passe par le bas de la neige dans les autres montagnes, il a néanmoins son sommet continuellement neigé. Il forme seul une exception bien marquée, et l'on peut croire qu'il contient des sels qui aident à la congélation. » Cette exception est purement imaginaire; elle est fondée sur une fausse mesure, et n'est pas l'effet de ces « sels de nitre » que les habitans de Quito croient trouver sur toutes les cimes neigeuses des Andes, et qui, selon eux, attisent et nourrissent

---

(1) *Figure de la terre*, pl. LXXI. *Voyez* aussi *La Condamine*, *Mesures des trois degrés*, pl. 2.

le feu volcanique. La cime du Carguairazo (1) n'a pas 2450 t.; mais au-delà de 2511 t. de hauteur, et ses neiges dont la grande masse d'une montagne voisine (du Chimborazo) pourrait abaisser la limite, se soutiennent seulement 40 à 50 t. plus bas, c'est-à-dire, à 2460 ou 2470 t. de hauteur absolue. Une même erreur a sans doute affecté les premières mesures du Chimborazo et du Carguairazo. D'ailleurs les montagnards des Andes regardent la limite des neiges perpétuelles comme un phénomène extrêmement constant. L'*oscillation* de cette limite ne s'étend pas, sous l'équateur, à plus de 12 ou 15 toises. Elle est le plus souvent insensible, malgré la petite différence de température que l'on observe entre la saison des pluies et celle des grandes sécheresses. Pendant le cours de mes voyages dans les Cordillères, je n'ai entendu parler qu'une seule fois d'une accumulation progressive de neiges sur la cime d'une montagne. En descendant du plateau de Los Pastos vers le royaume de Quito, on nous a montré, près du village indien de Tusa (2), le Cerro del Dorado, qu'on prétend n'être constamment couvert de neiges que depuis quinze ou vingt ans. Je ne hasarderai pas de donner l'explication d'un phénomène sur lequel je n'ai pu faire aucune recherche précise.

Les montagnes qui entrent à peine dans la limite des neiges perpétuelles sont exposées quelquefois, sous l'équateur, comme dans la zone tempérée, à se dépouiller de leurs neiges. C'est ce qui arrive surtout

---

(1) *La Condamine*, *Mes.*, p. 56; *Bouguer*, p. 124.

(2) Entre Tulcan et la Villa de Ibarra.

au volcan de Pichincha. Comme j'ai habité une maison de campagne (1) placée vis-à-vis de ce volcan, dans le plateau du Cachapamba, j'ai vu, à mon grand étonnement, par l'action continue du soleil pendant plusieurs semaines, les neiges de Rucupichincha disparaître entièrement (2). La ligne des neiges s'éleva alors momentanément de 35 toises; car les cimes des trois pics qui entourent le cratère n'ont que 2490 toises d'élévation. Les vents ascendans de la mer que cette montagne reçoit librement de l'ouest, et la couleur noire de ses trachytes basaltiques prolongés en une longue crête, font perdre plus facilement les neiges à Rucupichincha, dont le cratère est encore enflammé, qu'à la butte conique, mais non volcanique du Corazon, qui n'entre aussi que très-peu dans la limite des neiges perpétuelles. Quant aux physiciens qui pourraient croire que la hauteur que j'assigne à cette limite, sous l'équateur, est trop considérable et localement modifiée par l'échauffement intérieur du sol, dans le plateau de Quito, je leur citerai les Andes de l'Assuay, entre Cuença et Alaussi. Le dos de cet énorme groupe de montagnes, situé par les $2^{\circ} 20'$ de lat. aust., loin de tout volcan enflammé, a (dans le chemin de la Ladera de Cadlud, où je l'ai traversé) 2428 toises de hauteur, sans qu'il y ait

---

(1) Chillo, appartenant au marquis de Selvalegre, père de mon malheureux compagnon de voyage, Don Carlos Montufar, qui a péri, victime de son patriotisme, dans les sanglantes révolutions de la Nouvelle-Grenade.

(2) Le même phénomène a frappé, en 1804, M. Caldas. (*Voyez* le *Journal de Santa Fe*, qui a paru sous le titre de *Semanario*, t. I, p. 243.)

une trace des neiges perpétuelles. On ne les trouve pas même 50 ou 60 toises plus haut au-dessus du chemin de l'Affuay (1).

La petite oscillation qu'éprouve sur différentes cimes, et à différentes époques de l'année, la ligne des neiges, rend cette limite très-propre à juger approximativement de la hauteur et de l'éloignement des montagnes. Elle offre, dans les plaines équatoriales, une base perpendiculaire de 2460 toises, dont l'erreur ne peut excéder $\frac{1}{40}$; de sorte que deux angles de hauteur de la cime du *Nevado* et de la limite inférieure des neiges font connaître au géologue voyageur, par la *méthode hypsométrique* (2), l'élévation de la cime et sa distance. Les neiges qui tombent sporadiquement sous l'équateur aident aussi à juger de la hauteur relative des montagnes. Elles nivellent les différens sommets d'un même chaînon, comme le font des bancs de brume, ou une couche de nuages très-étendue. Dans le royaume de Quito, je n'ai pas vu tomber la neige (3) au-dessous de 1860 à 1900 toises. C'est là que commence une région (celles des *Paramos*)

---

(1) *Voyez*, pour les détails de cette mesure, mes *Obs. astr.*, t. I, p. 312. J'ai trouvé, tout près de Cadlud, les ruines d'un palais de l'inca Tupagupangi, à la hauteur de 2074 toises.

(2) *Voyez* la discussion approfondie de cette méthode donnée par M. Oltmanns, dans mes *Obs. astr.* (*Disc. prél.*), t. I, p. 133. C'est le *method of tops* des marins anglais. *Voy. of capt. Phipps*, p. 99.

(3) Il ne tombe pas de neige dans le plateau de la ville de Quito, à 1492 t., quoique le thermomètre centrigrade y descende souvent jusqu'à 6°. La température moyenne de la ville

dont la température moyenne est au-dessous de 9°, et où j'ai vu baisser souvent le thermomètre à +4°. Tout près de l'équateur, dans les plaines habitées d'Antisana, qui sont couvertes d'un superbe gazon composé d'herbes aromatiques, il tombe quelquefois, à 2100 toises d'élévation, trois à quatre pieds de neige qui se conservent pendant cinq ou six semaines. C'est la ferme de Pansache, à 1887 toises de hauteur, qui m'a paru placée à l'entrée de la zone où les neiges commencent à tomber sous l'équateur. Les montagnards connaissent d'autant mieux cette limite que, d'après un usage ancien, ils donnent un *bain de neige* à ceux qui, venant des plateaux moins élevés, dépassent pour la première fois, sur la pente des Cordillères, la zone où le sol se couvre accidentellement de neige. Cette cérémonie burlesque rappelle le *baptême* que l'on donne aux matelots à leur premier passage de l'équateur.

Toutes les observations que je viens de consigner ici ont été faites dans une seule partie du monde, dans les Andes de Quito placées 81° à l'ouest du méridien de Paris. Comme il importe à la philosophie de la nature de considérer les grands phénomènes dans toute leur généralité, et de déterminer ce que l'on peut attendre des recherches futures des voyageurs, on se demande si d'autres régions du globe pourront fournir des mesures analogues à celles que j'ai faites dans les Andes. Si l'on jette un coup-

---

est 14°,4. Il tombe de la grêle sous l'équateur (tous les cinq ou six ans une fois) à 500 et même à 300 toises de hauteur au-dessus du niveau de la mer, mais jamais, ce qui est bien remarquable, dans les plaines au niveau de l'Océan.

d'œil rapide sur la distribution des continens et des mers (distribution qui est la cause principale de l'inflexion des lignes isothermes), on aperçoit que la plus grande partie de cette belle région équatoriale est couverte par les eaux de l'Océan. L'équateur ne traverse que les continens de l'Amérique (1) et de l'Afrique, chacun d'eux sur une largeur à-peu-près égale de 30°. Les cinq sixièmes de la bande équinoxiale appartiennent au domaine des mers, et malheureusement sans qu'une île s'y élève jusqu'à la hauteur des neiges perpétuelles. Ce phénomène des neiges est également inconnu dans les îles Galapagos, dans les îles Mulgraves et de l'Amirauté, dans les Moluques, et même dans Borneo et Sumatra, dont la plus haute cime, le Gunong-Pasaman (2) n'a que 13842 pieds anglais (2166 toises) d'élévation. Il ne reste donc, pour trouver hors de l'Amérique des neiges perpétuelles sous l'équateur, que l'intérieur de l'Afrique, entre le cap Lopez et Melinde (3), où la largeur de ce continent inconnu n'est que de six cents lieues. L'élévation progressive des

---

(1) Quoiqu'on ne connaisse pas encore toute la partie montueuse de l'Amérique, à l'est du Pérou, il est pourtant assez certain qu'il n'existe des neiges perpétuelles dans ce continent, que dans la chaîne des *Andes*, dont les *Cordillères du Mexique* sont une prolongation vers le nord, dans le *groupe des trachytes de Mérida* et dans celui de *Santa Martha*. Aucune cime de la chaîne côtière de Venezuela, de celles de la Parime, de Chiquitos et du Brésil n'entre dans la limite des neiges perpétuelles. Les neiges manquent par conséquent dans toute la région orientale et non volcanique du Nouveau-Continent.

(2) L'Ophir mesuré par M Nairne. Voyez *Marsden, Hist. of Sumatra* (*ed.* 3), p. 13 et 313.

(3) A l'extrémité septentrionale de la côte de Zanguebar.

plateaux (1) superposés que l'on rencontre en avançant du cap de Bonne-Espérance au nord, vers les monts Nieuweveld et le tropique du Capricorne; le prolongement des Alpes d'Abyssinie vers le sud-ouest, par Narea et Kaffa, enfin les traditions sur les jonctions des Monts Lupata et Al Kómri, rendent probable que la région équinoxiale de l'Afrique cède peu en hauteur aux Andes de Quito. La largeur des plateaux du continent africain et l'accumulation des sables doivent, dans le méridien du Darfour, élever prodigieusement, par le rayonnement du sol, la limite inférieure des neiges. D'après Nasir-Eddin de Tous, les monts Al Komri entrent dans cette limite. Personne depuis le Jésuite Lobo n'a tenté de pénétrer dans la région centrale de l'Afrique.

Il y a peu d'années qu'on ne connaissait la limite des neiges que sous l'équateur et sur le parallèle des Alpes et des Pyrénées, à 2460 t. et à 1400 t. de hauteur. L'abaissement progressif de la courbe, dans les points intermédiaires, surtout vers l'extrémité boréale de la zone torride, était un des nombreux problèmes de géographie physique qui restaient à résoudre. C'est encore la Cordillère des Andes (de toutes les chaînes du globe la seule qui se prolonge dans la direction d'un méridien, à plus de 2000 lieues de longueur) qui nous a fourni les matériaux pour cette détermination. Il est vrai que cette Cordillère ne présente pas une chaîne continue de cimes neigeuses, comme les Alpes de la Suisse et les monts Himâlaya;

(1) *Barrow, Travels*, t. I, p. 10-101; *Abdallatif*, p. 353. On croit les monts Nieuweveld de près de 1600 t. de hauteur.

mais elle s'élève, au nord de l'équateur, sept fois dans des groupes d'une hauteur prodigieuse, savoir : dans la province de Los Pastos (lat. 0°.50′), dans les volcans de Popayan (lat. 2°.26′), le passage de Quindiu (lat. 4°.35′), la Sierra de Merida (lat. 7°.58′), celle de Santa Marta (1) (lat. 10°.53′), les volcans qui environnent la ville de Mexico (lat. 19°.8′), la Nouvelle-Hanovre et l'Amérique russe (lat. 50°-60°). Au sud de l'équateur, où le groupe colossal de Quito (2) se termine brusquement par le Chimborazo, la Cordillère des Andes se relève jusqu'à la courbe des neiges perpétuelles, dans la province de Guamachuco (lat. 7°.50′), dans le nœud (3) des montagnes de Pasco et de Huanuco (lat. 10° 50), dans ceux du

---

(1) La *Sierra de Santa Marta* est presque isolée et séparée des Andes Elle ne se lie que par quelques collines à la Sierra de Perija et aux montagnes d'Ocaña et de la Montuosa. La *Sierra Nevada de Merida* se joint, par le Paramo de Porqueras à la chaîne orientale des Andes, à celle qui divise les eaux du Meta et de la Magdalena.

(2) Le groupe central des Nevados de Quito s'étend de Cotocachi (lat. 0°.18′ bor.) à l'Altar (lat. 1°.42′ austr.)

(3) J'appelle *nœuds* non les plus hautes parties d'une chaîne, mais les points où des chaînons parallèles se réunissent. Il y a, dans les Andes de l'Amérique méridionale, cinq de ces nœuds, ceux de Porco, de Couzco, de Pasco, de l'Assuay et de Los Pastos; c'est leur connaissance intime qui nous explique la charpente des Cordillères. Lorsque entre deux nœuds il y a plusieurs chaînons, les plus grands *Nevados*, c'est-à-dire, les plus hauts sommets, appartiennent tantôt à l'une tantôt à l'autre de ces rangées de montagnes. Parmi trois

Couzco (lat. 13° 50′) et de Porco (lat. 18° 45′), et dans la majeure partie du Chili. Les montagnes qui lient ces *groupes de Nevados* sont beaucoup plus basses qu'on ne le croit généralement en Europe. Plus on s'éloigne de la zone équatoriale, et plus les cimes couvertes de neige se trouvent rapprochées les unes des autres. Un plus grand nombre de montagnes peu élevées peut atteindre la courbe des neiges par les 35° et 45° de latitude. J'ai dû entrer dans ces détails sur la structure des Andes, ou, comme on dit fastueusement au Pérou, de la Cordillère royale des neiges (*Cordillera Real de Nieve*), parce que les connaissances locales que j'ai acquises sur cette région intéressante du globe peuvent servir de guide aux voyageurs qui, munis de bons instrumens, voudraient, dans une même chaîne de montagnes, résoudre complètement le problème de l'abaissement des neiges depuis l'équateur jusqu'aux hautes latitudes.

Extrémité boréale de la zone torride. L'observation la plus complète a été faite sur le plateau du Mexique; celles que j'ai obtenues entre les parallèles de 2° et 4° sont moins décisives à cause des circonstances locales. Au mois de novembre 1801, nous parvînmes, M. Bonpland et moi, à une des bouches du volcan de Puracé près de Popayan. La latitude de ce point est de 2° 17′ bor.;

---

chaînons, ce n'est pas celui du milieu qui a toujours le plus de neige et qui est le plus élevé. Les règles d'après lesquelles les géographes expriment, dans les cartes, le relief d'un pays qui n'a point été nivelé par des méthodes barométriques et trigonométriques, sont fondées en grande partie sur des inductions très-incomplètes.

sa hauteur de 2274 toises. Une tempête accompagnée d'une grêle très-forte (phénomène assez remarquable à une si grande élévation (1)), nous empêcha d'atteindre la limite inférieure des neiges. Elle paraissait au plus 120 à 140 toises au-dessus de notre station; ce qui donne pour la limite inférieure 2414 toises. Je m'attendais à la trouver à une plus grande élévation, mais toute cette haute région est extrêmement froide. Les neiges de Puracé sont dans le voisinage de celles de Malvasa, qui forment un *champ de neige* d'une vaste étendue. M. Caldas (2) a trouvé le chemin du Paramo de Guanacas (lat. 2° 40′), à 2300 toises de hauteur; on y passe avec des bœufs, et l'on reste au-dessous de la ligne des neiges. Une mesure trigonométrique que j'ai faite de cette limite au sommet de Tolima (lat. 4° 48′) leur assigne près de 2380 toises.

Entre les 8° et 10° de latitude boréale se trouvent les deux *Sierras Nevadas* de Merida et de Santa Marta. Personne n'y a porté des baromètres jusqu'à la ligne des neiges perpétuelles. M. Fidalgo a seulement conclu, par des angles de hauteur pris sous voile, que le pic de la Horqueta, situé au sud-ouest de Santa Marta, a plus de 3000 toises d'élévation (3). Ces points sont d'autant plus dignes de l'attention du voyageur, que nulle autre part sur le globe il n'y a des neiges perpétuelles sous le parallèle de 10°, à moins que ce ne soit dans la chaîne in-

---

(1) Tout près de là, au Paramo de Guanacas, on a vu tomber de la grêle (non de la neige) couleur de sang.

(2) *Semanario de Santa Fé*, t. I, p. 54.

(3) *Pombo, Notic. sobre las Quinas* (imprimée à Carthagène des Indes en 1814), p. 67.

connue des montagnes Al Komri d'Edrisi (*Montes Lunæ* d'Abulfeda), dans l'intérieur de l'Afrique. Là, où le parallèle de 10° touche l'extrémité de la péninsule de l'Inde, le terrain s'élève considérablement; mais le plateau très-froid du Nilgemis (1), récemment visité, n'a probablement pas au-delà de 1700 toises d'élévation.

Dans l'intérieur du Mexique, sur le *parallèle des grandes hauteurs d'Anahuac*, entre 19° et 19° $\frac{1}{4}$ de latitude (2), six énormes montagnes sont rangées sur une même ligne dirigée de l'est à l'ouest. Quatre de ces montagnes, le pic d'Orizaba (2717 toises), le Popocatepetl (2771 t.), l'Iztaccihuatl ou la Femme-Blanche (plus de 2350 t.), et le Nevado de Toluca (2372 t.), sont perpétuellement couvertes de neige; deux autres, le Cofre de Pérote (2098 t.) et le volcan de Colima (au plus 1700 t.), en sont dépourvues pendant la plus grande partie de l'année. Au nord et au sud (3) de ce *parallèle*

---

(1) Les *Montagnes Bleues* de l'Inde (lat. 11°-12°). Elles séparent les contrées chaudes de Coimbattore de la côte de Malabar, près Calicut. C'est là que règne, comme sur le plateau du Thibet, une polyandrie reconnue par la loi.

(2) Très-exactement entre 18° 59′ et 19° 12′ de lat. (*Voy.* mon *Essai politique*, t. I, p. 45-253.)

(3) Près de 600 lieues au nord et 250 lieues au sud. Les deux volcans placés près de la ville de Guatimala se couvrent quelquefois de neige; mais quoiqu'on ait affirmé le contraire, ils n'entrent pas plus dans la limite des neiges perpétuelles que toute cette longue série de volcans encore enflammés que la nature a réunis entre les 11° et 13° de latitude, entre Nicaragua et le port de Rialejo.

des grandes hauteurs, sur lequel s'est aussi rangé le nouveau volcan de Jorullo (667 t.), sorti de terre le 29 septembre 1759, il n'y a plus de montagne qui présente le phénomène des neiges perpétuelles. Dans la mesure trigonométrique que j'ai faite du Popocatepetl (lat. 18° 59'), au mois de novembre, j'ai trouvé la limite inférieure des neiges à 2342 toises de hauteur. En recalculant, d'après la formule de M. de Laplace, les mesures barométriques de M. Sonneschmidt, on obtient pour ce point 2371 toises. Une mesure d'Alzate (toujours calculée d'après la même formule) donne, pour les neiges de l'Iztaccihuatl (1), en 1789 (lat. 19° 10'), 2355 t. J'avais trouvé, en 1803, moins de 2200 t.; mais je compte peu sur ce résultat, parce qu'il me reste des doutes sur ma propre mesure de la cime d'Iztaccihuatl (2). Le *Nevado* de Toluca (lat. 19° 11') présente, comme Rucupichincha, un immense enfoncement central qui est entouré de roches trachytiques en forme de tourelles, et d'un accès très-dangereux. Comme Rucupichincha aussi, le sommet du *Nevado* entre à peine dans la limite des neiges. Nous avons porté le baromètre sur la tourelle la plus élevée (*Pico del Fraile*), où nous trouvâmes la surface de la roche percée et vitrifiée par l'effet de l'électricité atmosphérique (3). Or, le *Fraile* a 2372 toises de hau-

---

(1) *Gazeta de literatura de Mexico*, 1789, p. 54.

(2) *Voyez* mon *Essai polit.*, t. II, p. 864. La hauteur barométrique de M. Sonneschmidt ne donne pour la cime que 2317 toises : elle diffère du résultat de ma mesure, qui ne se fonde que sur des *azimuts* et des angles de hauteur. Ce voyageur a-t-il été sur la partie la plus élevée de la longue crête de l'Iztaccihuatl ?

(3) Ce phénomène, selon M. Gilbert, est analogue aux *tuyaux de foudre* (*Blizröhren*), cylindres creux de terres

teur. Les Indiens nous montrèrent le point où la limite des neiges se soutient lorsqu'elle atteint son *maximum* de hauteur : il était à 2295 toises au-dessus du niveau de l'Océan. C'est 50 toises de moins qu'au volcan Popocatepetl ; peut-être les Indiens confondaient-ils quelques couches éparses de neige avec la vraie limite inférieure.

Il résulte de l'ensemble de ces données que la *courbe des neiges perpétuelles se soutient, sous les* 19° *de latitude, à* 2350 *t.* (*au moins, à* 2300 *t.*) *de hauteur*. Certes, on ne pouvait s'attendre à ce résultat, à 380 lieues de distance de l'équateur, vers le nord. Au bord de la zone torride, la courbe des neiges n'a donc encore baissé que de 110 t. (au plus de 160 toises) ; mais les *Nevados* du Mexique se trouvent entourés d'un plateau aride qui rayonne de la chaleur, dont la température moyenne est de 17°, et dans lequel, pendant les mois les plus chauds, le thermomètre se soutient le jour à 16°-21°, de nuit à 13°-15°. Ce n'est pas, comme à Quito, une vallée étroite entre deux chaînons des Andes, c'est un pays entier qui s'élève comme un énorme massif, à 1200 et 1300 toises de hauteur.

L'*oscillation annuelle* de la limite des neiges, qui sous l'équateur n'excède pas 15 toises, atteint ici, sous le 19° de latitude, 376 t. Lorsqu'au mois de janvier j'ai mesuré de nouveau, dans les plaines de Tetimba, le Popocatepetl et l'Iztaccihuatl, j'ai trouvé la limite inférieure des neiges sur la première de ces montagnes, à 1974 t. ;

---

vitrifiées, de 7-8 pieds de long, qui ont été trouvées récemment dans les sables d'Allemagne.

sur la seconde (avec moins d'assurance (1)), à 1907 t. La grande étendue de cette oscillation s'explique par la forme que prend le continent américain au-delà des 30° de latitude nord. Le Mexique reçoit, dans les hautes régions, les vents glacés du Canada. Même à la Havane (lat. 23° 10′), presqu'au niveau de l'Océan (2), on a vu baisser le thermomètre, pendant que le vent du nord soufflait impétueusement, jusqu'à 5°. La neige tombe sporadiquement près de Mexico, à 1200 toises de hauteur. On l'a même vue tomber à Valladolid de Mechoacan (lat. 19° 42′), à 1000 t. d'élévation, quoique la température moyenne de cette ville soit encore de 20°. C'est 800 t. de moins que sous l'équateur.

Les différences que l'on observe entre trois phénomènes qui paraissent étroitement liés, la hauteur de la courbe des neiges perpétuelles, l'oscillation annuelle de cette courbe et la chute sporadique des neiges méritent toute l'attention des physiciens. Elles dépendent de l'inégale distribution de la chaleur entre les différentes saisons de l'année. Les observations faites au Mexique sont d'ailleurs les seules que nous possédions sur la limite des neiges, vers le bord de la zone torride. La disposition des mers et des continens, et la rareté des neiges perpétuelles au-dessous des 30° de latitude boréale et australe sont telles sur le globe, qu'il n'y a que le groupe des îles Sandwich et les Andes de Couzco et de Porco qui pourront offrir un jour de

(1) La base était dirigée vers le cône du Popocatepetl. Dans toutes les saisons, les neiges de l'Iztaccihuatl descendent plus que celles du volcan conique.

(2) Tout près de la ville, à 50 toises de hauteur au-dessus de la mer.

nouvelles données sur le problême qui nous occupe. Il n'y a pas de neiges perpétuelles dans les îles Marianes et Philippines, dans l'empire des Birmans, le Berar, l'Arabie et les îles du Cap-Vert; il n'y en a pas à Madagascar, dans l'archipel des Nouvelles-Hébrides et les îles de la Société. Nous connaissons même déjà assez l'intérieur de l'Afrique traversé par le tropique du Cancer, pour pouvoir annoncer que, dans le Bornou et le Darfour, on ignore le phénomène des neiges perpétuelles, comme sur le dos des Alpes de l'Abyssinie (1). Dans l'hémisphère austral, les hautes cimes des monts Nieuweveld et des *montagnes neigeuses du Cap* (2) semblent indiquer une élévation extraordinaire du sol africain vers le nord et le nord-est. Je doute cependant qu'il y ait déjà des neiges perpétuelles sous les 23° et 22° de latitude australe, dans le parallèle des îles Comoro.

Il serait à desirer que l'on connût bien exactement l'élévation de la cime colossale (Mowna-Roa) de l'île O-Whyhee, dans les îles Sandwich. On la croit de plus de 2500 toises (3), et quoique placée sous le 19° de lati-

---

(1) *Quart. Rev.*, n° 46, p. 478, où se trouve une discussion très-importante sur les mesures barométriques de Bruce, la hauteur du Sennar et le nivellement du cours du Niger et du Nil.

(2) C'est la chaîne du Compassberg (*Lichtenstein*, *Reise*, t. II, p. 4-50 et surtout 65). Les plaines ou plateaux de Bokkeveld (dans le district de Roggeveld) ont, d'après Gordon, 850 toises de hauteur au-dessus du niveau de la mer.

(3) D'après King 2577 t., d'après Marchand 2598 t. Mais cette harmonie ne paraît qu'accidentelle, lorsqu'on réfléchit

tude, sur le *parallèle des volcans mexicains* qui se prolonge à l'est par les îles Revillagigedo, on la voit quelquefois se dépouiller entièrement de ses neiges à une hauteur où, sous la ligne, les neiges se conservent constamment. Au Mexique, malgré l'influence d'un vaste plateau qui rayonne de la chaleur, la courbe des neiges descend encore, en été, à 2350 t. On pourrait croire Mowna-Roa beaucoup moins élevé qu'on ne l'admet généralement; mais sa cime a été vue à l'horizon, à des distances de 50 et 53 lieues (1). M. de Buch a trouvé que, dans le nord, sur les côtes de Norwège, les neiges perpétuelles descendent, à cause des étés moins chauds, beaucoup plus que dans l'intérieur des terres. Le soleil ne peut agir, malgré la longueur du jour, à travers une atmosphère constamment brumeuse. Ces brumes ne sont pas communes sur le parallèle des îles Sandwich: l'air qui repose sur l'Océan Pacifique m'a paru extrêmêment serein à mesure que l'on s'éloigne des côtes du Pérou. Mais la surface moins rayonnante des eaux (2)

---

sur les méthodes employées, sous voile, par les deux navigateurs. Les résultats indiqués dans différentes relations de voyage s'écartent de plus de 800 toises pour le mont Saint-Elie, placé sous le 60° de latitude. La Pérouse le trouve de 1980 t., Malaspina (par un angle de hauteur de 2° 38′ 6″ et avec une réfraction supposée de $\frac{1}{16}$) de 2793 t.

(1) *Voyez* ma *Relat. hist.*, t. I, p. 97.

(2) Des observations faites, à différentes saisons, sur la température de la mer, à sa surface, indiquent déjà, depuis l'équateur jusqu'au 19° de latitude, un décroissement de 4° à 5° cent. *Voyez* les tableaux publiés dans ma *Relat. hist.*, t. I, p. 235 et 238.

rend les étés plus tempérés dans les îles de peu d'étendue. L'isolement de Mowna-Roa au milieu des mers n'agit probablement sur la grande élévation de la courbe que par la chute moins fréquente des neiges en hiver. L'archipel des îles Sandwich ne reçoit pas ces courans d'air froid du nord qui viennent d'un large continent, et qui abaissent si extraordinairement la température hivernale à la Havane et dans la région équinoxiale du Mexique. Peut-être aussi la forme aplatie de Mowna-Roa, que les premiers navigateurs espagnols avaient appelée *la Mesa* (Montagne de la Table), et la direction particulière des vents dans les hautes régions (1) de l'atmosphère contribuent-elles à dépouiller cette cime de toutes ses neiges.

Parallèle de 30° *à* 33°. Depuis la latitude 19° (celle des volcans du Mexique) jusqu'au parallèle de 30°, nous ne connaissons la hauteur d'aucune cime neigeuse. Dans cet intervalle, le phénomène des neiges perpétuelles n'est fréquent que dans le nord de l'Inde et dans l'Amérique méridionale (sur le dos des Cordillères du Haut-Pérou et du Chili). Dans les montagnes du Mexique, et ce fait est bien remarquable, il n'y a pas un pic qui entre dans la limite des neiges perpétuelles, entre 19° 12′

(1) Dans les basses régions de l'atmosphère, la limite des vents alisés du sud-est dépasse moins l'équateur au nord dans l'Océan Pacifique, que dans l'Océan Atlantique. Ce phénomène curieux est le résultat de l'équilibre qui s'établit dans l'atmosphère, au-dessus des grandes masses de continens inégalement distribués dans les deux hémisphères, par différens degrés de longitude.

et 40° de latitude boréale. Le pic de Ténériffe n'atteint pas plus cette limite que les volcans des îles Açores et du cap Vert. Nous ne connaissons point l'intérieur de la Nouvelle-Hollande; les sommets plus rapprochés des côtes n'ont pas une grande élévation; mais le parallèle de 30° traverse ce continent dans sa plus grande largeur. Il ne se trouve nulle part ailleurs sur le globe, dans l'hémisphère austral, plus de terre ferme, sous cette même latitude, que dans la Nouvelle-Hollande.

La zone comprise entre les $27^{\circ}\frac{1}{2}$ et 36° est celle des monts Himâlaya. C'est sans doute la chaîne la plus élevée du globe; mais sa largeur, de l'est à l'ouest, n'est que la cinquième partie de l'étendue de la chaîne des Andes. Ce que j'avais dit, il y a quatre ans, sur la hauteur des neiges et le développement de la végétation dans les montagnes de l'Inde, s'est trouvé à-peu-près confirmé par les mesures nouvelles de M. Webb, à la pente *méridionale* de l'Himâlaya. Les neiges y commencent par les 30° de latitude, sinon à 3700 mètres (1900 toises), comme le faisaient soupçonner les mesures du Mexique, du pic de Ténériffe, de la Sierra Nevada de Grenade et des Pyrénées, du moins à 3800 ou 3850 mètres (1938 ou 1964 toises) d'élévation au-dessus du niveau de la mer. A la pente *septentrionale* de l'Himâlaya, mes évaluations se trouvent en erreur de plus de 1074 mètres (550 toises), si, comme paraissent l'indiquer les mesures de M. Webb, les neiges perpétuelles n'y commencent qu'au-dessus de 4900 mètres (2515 t.). Je m'arrête à un nombre un peu moindre que la hauteur du Col de Niti. L'exemple des Pyrénées prouve que, sous la zone tempérée, des montagnes dont le sommet dépasse de

150 toises la limite des neiges dans les montagnes voisines, peuvent rester sans neige par le concours de plusieurs causes locales. Nulle part, à la pente septentrionale de l'Himâlaya, on n'a mesuré directement le bord des neiges. Nous savons seulement avec certitude qu'au milieu de l'été il n'y en avait point (par 31° de latitude) dans une vallée et sur la croupe des montagnes, à 5077 mètres (2605 t.) d'élévation. D'après le résultat beaucoup moins certain d'une opération trigonométrique, il paraissait même qu'il y avait de beaux pâturages et des terrains cultivés en froment (par 31° 15′ de latitude) à 4550 mèt. (2334 t.). Dans le Nouveau-Continent, sous l'équateur (de 0° à 2° de lat. bor. et aust.), mais dans des plateaux beaucoup moins étendus, j'ai trouvé la limite inférieure des neiges à 2460 t.; la limite supérieure des champs cultivés en froment à 1650 toises, celle des pâturages à 2100 toises.

Dans des phénomènes si compliqués, on parvient à apprécier avec assez de certitude les causes diverses qui font monter ou descendre la courbe des neiges dans un lieu donné; mais l'appréciation des effets partiels ne fait guère connaître numériquement le résultat total des causes perturbatrices. L'élévation des neiges perpétuelles dépend à la fois de la température normale des plaines, de la chaleur et de la durée des étés, de la quantité de neige qui tombe en hiver, de la direction des vents, de la position plus ou moins continentale du lieu, de l'étendue et de la hauteur des plateaux environnans, de l'escarpement des sommets, de la masse des neiges voisines. Avant le mémorable voyage de M. de Buch en Laponie, voyage qui a fixé l'abaissement des neiges entre

les 60 et $71^\circ\frac{1}{2}$ de latitude, on aurait pu entrevoir que, sous le ciel brumeux des côtes, la limite des neiges devait être moins élevée que dans l'intérieur des terres; mais pouvait-on prédire que si près du pole, cette limite serait encore, sur le parallèle de 60°, à 600 t. de hauteur, et que la différence d'un degré et demi de latitude, d'Alten au cap Nord, suffirait pour que la courbe s'abaissât de 200 toises; tandis que (1) de Fillefield à Alten, sur 10° de latitude, elle ne diminue que de 300 toises?

Je terminerai ce Mémoire en rappelant succinctement les faits qui se lient au phénomène extraordinaire de l'élévation des neiges sur la pente septentrionale de l'Himâlaya : ils sont nombreux, mais se rattachent à une même cause, qui est la configuration des continens ou la distribution relative de la terre ferme et des mers. Les montagnes de l'Inde ont un *climat continental*, des étés très-chauds et des hivers très-froids. Il n'y a pas compensation dans les effets que produisent les différentes saisons des *climats excessifs*, parce qu'il ne tombe guère de la neige lorsque l'air se refroidit au-dessous de — 12°. Les neiges ne sont donc pas nécessairement plus épaisses là où les hivers sont le plus rigoureux, c'est-à-dire, là où l'atmosphère passe rapidement à des froids extrêmes. Si les *courbes d'égale température annuelle*, tracées à la surface du globe dans les plaines, ont un sommet concave en Asie, les *lignes d'égal été*, au contraire, s'y relèvent prodigieusement. C'est à l'est du méridien d'Abo et de Pétersbourg, là où l'Europe augmente en largeur, que commence un climat particulier.

---

(1) Léop. de Buch, *Voy. en Norwège*, t. II, p. 413.

Il est caractérisé par des hauteurs moyennes de baromètre très-élevées, et par la prépondérance des vents nord et nord-est (1). Déjà les Carpathes (lat. 49° 10′) ont la limite des neiges perpétuelles singulièrement élevées ; on l'y trouve au-dessus de 1330 toises, lorsque, dans les Alpes (entre $45°\frac{3}{4}$ et $46°\frac{1}{2}$), elles commencent à 1370 toises. Trois degrés de latitude devraient produire une différence plus considérable.

Les mesures de cette limite manquent dans les cimes neigeuses de la Caramanie et de l'Ararat; mais dans le Caucase, comme nous l'avons déjà observé, nous ne trouvons aussi les neiges (par 42° et 43° de latitude) qu'à 1650 t. d'élévation. Ce sont 250 t. de plus que sur le même parallèle, d'après les belles observations de M. Ramond, sur le dos des Pyrénées. Dans les plateaux du royaume de Quito et de la Nouvelle-Grenade, qui n'ont pas 12 lieues carrées d'étendue, les températures moyennes s'élèvent, malgré l'effet du rayonnement nocturne, de 2° à 3° au-dessus de celles que l'on observe, à égale hauteur et dans le même *système de climat*, sur la pente rapide des Cordillères. Si la limite des neiges n'était que fonction de cette température annuelle ou normale des hautes plaines (ce qui n'a pas lieu, comme l'a judicieusement prouvé M. de Buch), cette augmentation de 2°-3° de chaleur ferait déjà monter la courbe de plus de 280 toises. Le royaume de la Nouvelle-Espagne n'offre

---

(1) *L. c.*, t. II, p. 405, et surtout un Mémoire récent de M. de Buch sur l'influence des vents. (*Barometrische Windrose*, p. 5.)

pas, à proprement dire, de hautes vallées ou des bassins circulaires et fermés, comme ceux de Caxamarca et de Bogota; le sol mexicain s'élève par gradins en de hautes plaines de 50 à 80 lieues de largeur, qui forment le dos des Cordillères, et qui par leur rayonnement repoussent, pour ainsi dire, la limite des neiges. Aussi, dans l'Anahuac, sous les 19° de latitude, cette limite se soutient-elle, à 110 toises près, comme sous l'équateur. On conçoit combien doit être plus puissante l'influence de ces massifs énormes de l'Asie centrale. Ces massifs ne forment sans doute pas un plateau continu, mais entre la Daourie et le Belour-tagh, entre l'Altaï et l'Himâlaya, ils se trouvent agroupés sur une étendue de 820 lieues de long et 400 lieues de large? Un renflement aussi extraordinaire du globe doit produire des phénomènes climatériques dont les effets ne peuvent être appréciés numériquement, d'après l'analogie des résultats que nous avons obtenus jusqu'à ce jour.

J'ai discuté, dans ce Mémoire, tout ce que nous savons de précis sur la limite des neiges perpétuelles dans les deux hémisphères, depuis l'équateur jusqu'au centre des climats tempérés. Ces neiges couvrent les plus hautes cimes du globe : environnées d'une large zone de pins, au milieu de la région des palmiers, des fougères en arbre et des musacées, elles embellisent le paysage des tropiques. Mais autant ce phénomène donne de charme à l'aspect de la nature, autant la discussion en est aride et monotone par la simplicité des élémens sur lesquels elle repose. Pour déterminer les inflexions variées de la courbe des neiges perpétuelles, il faut comparer sans cesse les latitudes des lieux, les modifications de la tem-

pérature, la forme et l'étendue des continens, enfin les mesures barométriques ou trigonométriques par lesquelles on a fixé les hauteurs, qui sont les ordonnées de la courbe. Ces comparaisons, pour être solides, exigent l'évaluation numérique des élémens employés. Je me suis livré au détail minutieux de ce travail, parce qu'il n'avait point encore été entrepris dans l'étendue que je lui ai donnée. Les sciences reposent sur un enchaînement raisonné de faits, et lorsque les observations se multiplient, il est utile d'examiner quel est l'état de la physique du globe à une époque donnée. Cet examen devient surtout nécessaire lorsque de nouvelles observations semblent, au premier abord, déroger à des lois que l'on a cru solidement établies. Dans tous les siècles, il y a eu parmi les hommes deux tendances opposées entre elles, et également contraires aux progrès de la philosophie naturelle. Si un desir trop ardent de généraliser les conséquences tirées d'un petit nombre de faits ôte à l'histoire de la nature son caractère de certitude et de gravité, cette tendance timorée à n'envisager les phénomènes que dans l'isolement le plus absolu, ce scepticisme étroit qui se complaît à ne voir que des exceptions là où tout annonce un ordre admirable de structure et une surprenante régularité dans l'effet des forces physiques, cette crainte de s'élever à des idées générales, et d'examiner l'enchaînement mutuel des êtres organisés et des agens de la nature, ralentissent la marche de l'esprit humain, isolent les observations et frappent de stérilité les plus belles parties des sciences physiques et naturelles.

RÉGIONS DU GLOBE OU LES MONTAGNES S'ÉLÈVENT AU-DESSUS DE LA LIMITE DES NEIGES PERPÉTUELLES (1).

Equateur : *Andes de Quito.* (Afrique ?)

10° de lat. : Sierra de Merida, Sierra de Santa Marta. (Monts Al Komri ?)

20° de lat. : *Plateau du Mexique. Mowna Roa* des îles Saudwich. Haut-Pérou (Nouvelle-Hollande ?)

30° de lat. : *Himâlaya.* Atlas près de Maroc *Etna? Sierra Nevada de Grenade.* Côte de Caramanie. Chili. (Nouvelle-Hollande ?)

HAUTEUR DES NEIGES PERPÉTUELLES MESURÉES :

Andes de Quito (lat. 1°-1° 30′) 2460 t. ; volcan de Puracé près de Popayan (lat. 2°.18′) 2420 t. Tolima (lat. 4° 46′) 2330 t. (?) Nevados de Mexico (lat. 18° 59′ — 19° 12′) 2350 t. Pas de neiges perpétuelles au pic de Teneriffe (lat. 28° 17′) 1908 t. Himâlaya (lat. 30° 40′—31° 4′) ; pente mérid. 1950 t. ; pente sept. 2605 t. (?). Sierra Nevada de Grenada, cime, non lim. infér. (lat. 37° 10′) 1780 t. Etna (lat. 37° 30′) ; mais seulement des taches de neiges 1500 t. ; la cime qui n'entre peut-être pas même dans la courbe des neiges perpétuelles 1719 t. Caucase (lat. 42° — 43°) 1650 t. Pyrénées (lat. 42° ½ — 43°) 1400 t. Alpes de la Suisse (lat. 45° ¾ — 46° ½) 1370 t. Carpathes (lat. 49° 10′) 1330 t. Norwège (lat. 61° — 62°) 850 t. (lat. 67°) 600 t. (lat. 70°) 550 t. (lat. 71° ½ , mais sous l'influence des étés brumeux des côtes) 366 t.

---

(1) Ce tableau prouve la rareté du phénomène des neiges perpétuelles au-dessous de 20° de latitude. On a distingué par le caractère italique les régions où des mesures ont été faites. Dans l'hémisphère austral, sur le dos des Cordillères du Chili, les neiges ne paraissent aussi descendre que très-lentement jusqu'au parallèle de 33° lat. Entre Valparaiso et Mendoza, MM. Espinosa et Bauza ne les ont pas trouvé perpétuelles à 1987 t. d'élévation, près des maisons construites pour la sûreté des courriers et des voyageurs, par les soins du Président de Chili, Don Ambrosio O-Hyggins. *Voyez* un Mémoire que j'ai publié en 1804, sous le titre : *Ideas sobre la Geografia fisica* dans l'*Aurora ò coreo literario de la Havana*, n. 220, p. 141 , et *Espinosa, Memorias de los Naveg. españoles*, t. I, p. 180.

MÉMOIRE

Sur la Fabrication du strass *et des pierres colorées artificielles.*

PAR M. DOUAULT-WIELAND (1).

QUOIQUE les chimistes français qui se sont occupés de la manière de traiter les substances vitrifiables connaissent parfaitement la composition du *flint-glass*, du *strass* et des verres colorés, il ne s'est élevé encore en France aucune fabrique en état de rivaliser avantageusement avec l'Allemagne, pour la composition des pierres précieuses artificielles.

La Société d'Ecouragement, en proposant pour sujet de prix la fabrication et le perfectionnement du *strass*, a sans doute jugé que le travail publié sur cette matière, par M. de Fontanieu, était inexact et insuffisant. En effet, ce n'est que par hasard que l'on réussit à faire du bon *strass*, en suivant les formules données par cet académicien, parce que l'on trouve rarement dans le commerce des substances pures, et qu'il n'indique pas les moyens de les purifier; d'ailleurs, en n'opérant qu'avec des matières bien choisies, on est obligé de changer les proportions indiquées par M. de Fontanieu.

J'ai senti la nécessité de reprendre ce travail dans son

---

(1) Ce Mémoire a remporté le prix proposé par la Société d'Encouragement, pour la fabrication du *strass*.

entier, et de n'employer que des substances de la plus grande pureté. Ne m'étant jamais occupé de chimie, je ne pouvais réussir que par les conseils de quelques hommes éclairés qui voulussent bien me diriger d'après les principes de la saine physique, et juger le résultat de chacun de mes essais. J'ai été assez heureux pour intéresser à mes efforts MM. d'Arcet, Roard et Cadet de Gassicourt, membres de la Société d'Encouragement. Ils ont bien voulu m'honorer de leurs avis, et le dernier a suivi toutes mes expériences. C'est à la bienveillance de ces trois savans que je dois l'avantage de pouvoir présenter à la Société d'Encouragement l'histoire théorique et pratique d'un art que l'on peut regarder aujourd'hui comme complet.

La base de toutes les pierres artificielles est le strass, que j'appelle *fondant* lorsque je l'unis aux oxides métalliques pour former les pierres colorées. Travaillé seul, il sert à imiter les brillans et les roses.

Du Strass.

Le strass se compose avec la silice, la potasse, le borax, l'oxide de plomb et quelquefois l'arsenic. Examinons chacune de ces substances.

La silice peut se prendre : 1° dans le cristal de roche, 2° dans le sable, 3° dans le silex pyromaque. Le cristal de roche donne un verre plus blanc; le silex contient toujours un peu de fer qui colore le verre en jaune; le sable que l'on choisit le plus pur et le plus translucide a besoin d'être lavé avec de l'acide hydrochlorique (muriatique), et ensuite avec de l'eau, avant d'être employé.

Pour pulvériser et tamiser le cristal de roche ainsi que le silex, il faut d'abord faire rougir les fragmens au feu, les plonger dans l'eau froide pour les fendiller, puis les mettre en poudre et les tamiser.

La potasse ne doit pas être mélangée avec d'autres sels; il faut choisir la plus belle perlasse ou la potasse caustique purifiée par l'alcool (1).

Le borax du commerce, celui de Hollande, par exemple, produirait un verre brun. Il faut préférer l'acide borique cristallisé, extrait du borax de Toscane; il est blanc, pailleté, très-fusible, et je le regarde comme le meilleur fondant.

L'oxide de plomb doit être d'une pureté parfaite. S'il contient un atome d'étain, le verre devient louche et laiteux. Le minium est préférable à la plus belle litharge, et même à la céruse de Clichy, qui donne un beau verre, mais non exempt de bulles. Il faut analyser le minium avant de l'employer, pour être certain qu'il ne contient aucun autre oxide.

L'arsenic doit être également très-pur (2).

---

(1) Les chimistes qui ont fait des recherches sur la composition du flint-glass ont reconnu, dans leurs essais, qu'on n'obtenait un verre très-blanc qu'avec la potasse la plus pure. Les cristaux de soude les plus beaux donnent toujours au verre une teinte jaunâtre.

(2) M. Lançon, qui a concouru pour le prix et qui fabrique de fort beau strass, ne se sert point d'arsenic. Il prétend même que lorsqu'il en employait dans ses compositions, il était toujours malade en travaillant les masses et en polissant les pierres qui en provenaient.

Le choix des creusets est très-important. Ceux de Hesse sont meilleurs que ceux de porcelaine. Les creusets colorent quelquefois la matière en jaune ou en brun, quand leur surface interne laisse échapper quelques particules de fer. On n'a pas cet inconvénient à craindre avec des creusets de porcelaine dure; mais ils se cassent ou se percent souvent, et ils sont trop perméables.

On se sert, pour fondre la matière, d'un four à potier ou d'un four à porcelaine, et les creusets restent vingt-quatre heures environ au feu. Plus la fusion est tranquille et prolongée, plus le strass acquiert de dureté et de beauté. Si l'on avait d'excellens creusets, on pourrait se servir du four à porcelaine; mais comme on y fait trop de pertes, il faut se contenter du four à potier (1). On le chauffe avec du bois sec fendu en petites buchettes.

J'ai réussi à faire de très-beau strass, en employant plusieurs proportions. Les quatre mélanges suivans ont produit de bons résultats.

N° 1.

Cristal de roche,	7 onces.	» gros.	24 grains.
Minium,	10	7 $\frac{1}{2}$	»
Potasse pure,	3	5 $\frac{1}{2}$	30
Borax,	»	3 $\frac{1}{2}$	24
Arsenic,	»	»	12
	22 onces.	1 $\frac{1}{2}$ gros.	18 grains.

(1) Le mieux est d'avoir un four construit exprès pour fondre le strass. Ce four cylindrique se termine en dôme. Il

N° 2.

Sable,	6 onces.	2 gros.	» grains.
Céruse de Clichy,	11	5 ½	18
Potasse,	2	1 ½	»
Borax,	»	5	»
Arsenic,	»	»	12
	20 onces.	6 gros.	30 grains.

N° 3.

Cristal de roche,	6 onces.	« gros.	» grains.
Minium,	9	2	»
Potasse,	3	3	»
Borax,	»	3	»
Arsenic,	»	»	6
	19 onces.	» gros.	6 grains.

N° 4.

Cristal de roche,	6 onces.	2 gros.	» grains.
Céruse de Clichy,	11	5 ½	18
Potasse,	2	1 ½	»
Borax,	»	5	»
	20 onces.	6 gros.	18 grains.

---

a la forme d'une ruche ou d'une borne haute de 7 pieds et ayant 4 pieds de diamètre.

Le strass que l'on obtient avec le cristal de roche est en général plus dur que celui qu'on fait avec le sable ou le silex; mais il est quelquefois trop blanc, ce qui n'est pas avantageux pour les petites et moyennes pierres, parce qu'elles ont moins d'orient et jettent moins de feu que celles dont la matière est légèrement colorée en jaune. Cette teinte disparaît dans la division et dans la taille des pierres. La matière qui nous vient d'Allemagne est toujours colorée, et souvent trop colorée (1).

De la Topaze.

Cette composition est très-sujette à varier dans la fonte. On pourrait l'appeler le *caméléon vitré*, tant elle change facilement de couleur, suivant le degré de température qu'elle éprouve, ou la durée du feu. Elle passe du blanc de strass au jaune soufre, au violet et au rouge pourpre, suivant des circonstances que je n'ai pu encore parfaitement déterminer. On peut comparer cette matière au *rubin-glass* des Allemands et des Italiens. Il faut qu'on éprouve de grandes difficultés dans la fabrication de cette pierre, car la matière est rare dans le commerce. J'en ai eu besoin pour compléter une commission de parures de ma fabrique, et il m'a été impossible de m'en procurer

(1) M. Lançon obtient d'assez beau strass avec moins de précautions. Il emploie les proportions suivantes :

Litharge,	100 livres.
Sable blanc,	75
Tartre blanc ou potasse,	10

une once à Paris. J'en ai fait venir de Genève, que j'ai payée 24 francs la livre; encore n'était-elle pas belle. Elle devenait presque toute blanche au feu. Voici comme je la prépare :

Fondant (strass très-blanc),	1 once.	6 gros.	» grains.
Verre d'antimoine,	»	» $\frac{1}{2}$	7
Pourpre de Cassius,	»	»	1
	1 once.	$6\frac{1}{2}$ gros.	8 grains.

Il faut choisir le verre d'antimoine le plus transparent et d'un jaune orangé clair (1). On peut, avec le fer seul, obtenir une topaze assez belle. Pour cet effet, on prépare le mélange suivant :

Fondant........................	6 onc.	» gros.
Oxide de fer, dit *safran de mars.*	»	» $\frac{1}{2}$

Du Rubis.

C'est la plus rare et la plus chère des pierres artificielles. J'ai cherché sa composition en suivant les données de M. de Fontanieu; mais la grande quantité de substances qu'il emploie rend le succès toujours dou-

---

(1) Les changemens que cette composition épouve au feu, suivant les différens degrés de température, sont dignes de l'attention des chimistes. La matière passe du jaune au rouge, du rouge au blanc; elle repasse du blanc au rouge et au jaune, suivant que l'on opère avec ou sans le contact de l'air. La théorie de ces phénomènes est une chose curieuse à déterminer. On ne la connaît pas encore.

teux et la fabrication très-difficile. Mes essais sur la topaze m'ont fourni un excellent moyen d'obtenir constamment et à volonté de très-beaux rubis. Très-souvent le mélange que je fais pour obtenir des topazes ne me donne qu'une masse opaque, translucide sur ses bords, et offrant dans ses lames minces une couleur rouge, quand on les oppose entre les yeux et la lumière. J'ai pensé que l'opacité de cette matière résultait de ce que les oxides n'étaient pas bien combinés avec le fondant, et qu'on obtiendrait de la transparence par une seconde fusion, en diminuant les proportions d'oxides, ou, ce qui est la même chose, en augmentant celle du fondant. L'expérience suivante m'a parfaitement réussi : j'ai pris une partie de *matière topaze opaque*, et l'ai mélangée avec huit parties de fondant. Je l'ai fondue dans un creuset de Hesse, qui est resté trente heures au feu d'un four à potier. J'ai eu pour résultat un beau cristal jaunâtre semblable au strass. J'ai refondu cette même matière au chalumeau pour l'essayer, et elle a produit le plus beau rubis d'Orient. J'ai répété cet essai plus de vingt fois, et l'effet a toujours été le même.

On peut faire un rubis moins beau et d'une teinte différente, en employant les proportions suivantes :

Fondant,	5 onces.	» gros.
Oxide de manganèse,	»	1
	5 onces.	1 gros.

De l'Emeraude.

L'émeraude est très-facile à fabriquer. D'après les formules de M. de Fontanieu, celle qui réussit le mieux

est le simple mélange de l'oxide vert de cuivre avec le fondant. Quant à celle où il fait entrer de l'oxide de cobalt, elle donne un verre dont le fond est celui de l'émeraude, mais qui a des reflets bleus. La composition qui imite le mieux l'émeraude naturelle est la suivante :

Fondant,	8 onces.	» gros.	» grains.
Oxide vert de cuivre pur,	»	» ½	6
Oxide de chrôme,	»	»	2
	8 onces.	» ½ gros.	8 grains.

On peut, en augmentant la proportion de chrôme ou d'oxide de cuivre et en y mêlant de l'oxide de fer, faire varier la nuance verte et imiter le *péridot* ou l'émeraude foncée (1).

Du Saphir.

Pour produire une couleur d'un beau bleu oriental, il faut employer du strass très-blanc et de l'oxide de cobalt très-pur. Cette composition doit être mise dans un creuset de Hesse soigneusement luté, et rester trente heures au feu. Si la fonte a été bien conduite, on obtient un verre très-dur et sans bulles. Il prend facilement le poli. Voici les proportions :

(1) Le procédé de M. Lançon consiste à mettre, par livre de fondant, un gros d'acétate de cuivre et 15 grains de safran de mars (peroxide de fer).

Fondant,	8 onces.	» gros.	» grains.
Oxide de cobalt,	»	» ½	32
	8 onces.	» ½ gros.	32 grains.

De l'Améthyste.

L'améthyste est une pierre estimée quand sa couleur est belle et veloutée. M. de Fontanieu fait entrer dans sa composition trop d'oxide de manganèse et beaucoup trop de pourpre de Cassius. Cela nuit à la transparence, et donne une couleur vineuse qui n'est point naturelle; on réussit mieux en adoptant la formule suivante (1) :

Fondant,	8 onces.	» gros.	» grains.
Oxide de manganèse,	»	» ½	»
Oxide de cobalt,	»	»	24
Pourpre de Cassius,	»	»	1
	8 onces.	» ½ gros.	25 grains.

De l'Aigue-marine.

L'aigue-marine est une pierre peu recherchée, même quand elle est naturelle. C'est une émeraude pâle, ti-

(1) M. Douault emploie trop de manganèse, et les améthystes qu'il a faites, en suivant cette formule, étaient d'un violet trop foncé. Les proportions de M. Lançon paraissent meilleures.

Prenez :	Fondant,	1 livre.
	Oxide de manganèse,	15 à 24 grains.
	Oxide de cobalt,	1 grain.

rant sur le bleu plutôt que sur le vert, et imitant assez la couleur de l'eau de mer. On l'obtient en mêlant :

Fondant,	6 onces.	» grains.
Verre d'antimoine,	»	24
Oxide de cobalt,	»	1 ½
	6 onces.	25 ½ grains.

Du Grenat syrien.

Cette pierre, que les anciens appelaient *escarboucle*, a une couleur vive qui plaît beaucoup dans le commerce. Elle est surtout employée pour les petits bijoux. On m'en a souvent demandé pour les colonies espagnoles. Le grenat artificiel est une espèce de rubis foncé que l'on fabrique d'après la formule suivante :

Fondant,	» once.	7 gros.	8 grains.
Verre d'antimoine,	»	3 ½	4
Pourpre de Cassius,	»	»	2
Oxide de manganèse,	»	»	2
	1 once.	2 ½ gros.	16 grains.

Dans la fabrication des pierres artificielles, il est beaucoup de précautions à prendre, de soins à observer, que l'habitude de la manipulation peut seule faire connaître. En général, les matières doivent être pulvérisées, et même porphyrisées avec attention. Les mélanges ne se font bien que par une tamisation répétée. Il ne faut point se servir du même tamis pour passer différentes compositions, quelque soin que l'on prenne de le net-

toyer après l'opération. Enfin, pour obtenir des masses bien fondues, bien homogènes, sans stries, sans bulles, il faut n'employer que des substances d'une grande pureté, mélangées dans un état de ténuité extrême; choisir les meilleurs creusets; fondre à un feu gradué et bien égal dans son *maximum* de température; laisser la matière au feu pendant vingt-quatre à trente heures, et ne faire refroidir les creusets que très-lentement.

Observations sur le précédent Mémoire, par M. Cadet de Gassicourt.

Quoique M. Douault-Wieland ait trouvé une composition de strass supérieure à celle des Allemands, et qu'il imite parfaitement les pierres colorées naturelles, il ne faut pas croire que l'art de colorer les verres par les oxides métalliques soit arrivé à sa perfection. Il est à desirer qu'un chimiste exercé s'occupe de la théorie de cette coloration. Depuis que les terres vitrifiables et les alcalis sont reconnus pour des oxides métalliques; depuis qu'on a trouvé le *potassium*, le *sodium*, le *silicium*, le *calcium*, etc., les verres doivent être considérés comme des alliages. Il serait donc utile de les combiner, dans leur état de pureté, avec les autres oxides que l'on soumettrait à la vitrification. D'ailleurs, il est encore beaucoup d'autres substances qui pourraient être essayées dans la verrerie; tels sont le bismuth, le nickel, le tungstène, le tellure, le molybdène, le platine, l'urane, le titane, le colombium, le palladium, le rhodium, l'iridium, le cérium, le barium et le strontium; plusieurs sels, comme les fluates, les phosphates

solubles et le verre phosphorique. On a déjà employé avec quelque succès le tungstate de chaux pour imiter l'opale, et le chromate de potasse pour la chrysoprase artificielle. On peut donc espérer que cet art agréable fera encore des progrès.

EXAMEN *chimique de plusieurs végétaux de la famille des colchicées, et du principe actif qu'ils renferment.* [*Cévadille* (veratrum sabadilla); *hellébore blanc* (veratrum album); *colchique commun* (colchicum autumnale)].

Par MM. PELLETIER et CAVENTOU.

AUX caractères botaniques qui ont servi à séparer de la famille des joncs plusieurs végétaux, pour en former une famille particulière dont le colchique est le type, on pourrait, sans y attacher la même importance et le même degré de généralité, en ajouter un autre tiré de l'âcreté de la plupart des espèces, et de leur action sur l'économie animale. Il nous a paru intéressant d'examiner quelques végétaux de cette famille, et de rechercher si le principe âcre qui doit y exister est le même dans les diverses espèces, s'il peut être isolé et s'il jouit de quelques propriétés particulières. Ce sont les résultats que nous avons obtenus que nous allons soumettre à l'Académie. Le premier des végétaux de la famille des colchicées soumis à l'examen était le *veratrum sabadilla*, ou plutôt sa semence connue sous le nom de *cévadille*.

Nous avons suivi pour son analyse la même marche, peu différente de celle qui nous avait guidé dans l'étude d'autres productions végétales, et l'éther est le premier menstrue auquel nous avons eu recours. Les résultats de son action sur la cévadille nous ayant présenté quelques faits remarquables, nous allons entrer dans quelques détails sur cet objet.

Action de l'éther sur la cévadille.

L'éther mis en contact sur cette semence ne tarde pas à se colorer en jaune léger; son action est plus intense lorsqu'elle est aidée par la chaleur, et dans un temps donné, il dissout une plus grande quantité de matière. Les teintures éthérées ont été distillées à la chaleur du bain-marie; l'éther a passé incolore et sans odeur étrangère, le résidu de la distillation offrait une matière jaune, grasse et onctueuse, insoluble dans l'eau, entièrement soluble dans l'alcool, saponifiable, et ayant tous les caractères d'une graisse ou huile végétale concrète; mais elle rougissait fortement la teinture de tournesol, et avait une odeur forte et particulière. Ces particularités nous ont engagés à nous livrer à de nouvelles recherches sur cette matière.

Nous avons donc procédé à sa saponification par la potasse, et à l'examen du savon obtenu, d'après la méthode de M. Chevreul. En conséquence, le savon alcalin a été décomposé par l'acide tartarique en excès; des flocons de matière grasse ont été séparés par le filtre; ils étaient composés d'acide oléique et d'acide tartarique.

La liqueur filtrée était colorée, avait une saveur âcre et acide, et une odeur très-forte. Soumise à la distillation, elle a donné un liquide aqueux, acide et très-odorant. Le résidu de la distillation resté dans la cornue contenait un peu de crême de tartre, du principe doux des huiles, une matière colorante, et une substance dont nous aurons occasion de parler en détail dans le courant de ce Mémoire.

Dans la liqueur obtenue par la distillation, on a versé de l'eau de baryte; après cette addition, elle conservait encore un peu de l'odeur qui lui était propre; mais son acidité était entièrement détruite. La liqueur, évaporée à siccité, a produit une substance saline d'un beau blanc. Cette matière était une combinaison de baryte et de l'acide odorant que contenait la matière grasse; combinaison analogue à celle que forme l'acide odorant du beurre ou celui de la graisse du dauphin. Nous avons donc eu recours, pour la décomposer, à l'acide phosphorique; mais en versant cet acide sur la matière, nous nous attendions à voir surnager un acide liquide, comme il arrive dans le traitement du butyrate ou du delphinate de baryte. Nous avons donc été surpris d'obtenir une matière blanche formée d'une multitude d'aiguilles nacrées, fusible à une chaleur supérieure à celle de 20°. Ne pouvant cependant séparer par des moyens mécaniques le phosphate acide de baryte qui imprégnait les cristaux, nous avons eu recours à la distillation, en ayant soin d'employer une chaleur très-douce pour enlever avec l'acide le moins d'eau possible, et en employant un appareil convenable pour condenser les vapeurs acides qui s'élevaient par la chaleur.

Examen de l'acide.

L'acide ainsi obtenu se présente sous forme d'aiguilles ou de concrétions cristallines d'un très-beau blanc. Il est soluble dans l'eau ; ce qui fait que, sans de grandes précautions, on l'obtient souvent sous forme liquide, dissous à la faveur de l'eau qui s'élève pendant la distillation. Il a une odeur qui a beaucoup d'analogie avec celle de l'acide butyrique, mais qui cependant n'est pas la même. Il se fond à 20° + 0. Il se sublime à une chaleur peu élevée, et, par la condensation, il se reproduit en aiguilles blanches et cristallines. Il est soluble dans l'alcool et l'éther ; il se combine aux bases salifiables, et forme des sels qui sont un peu odorans : sa combinaison avec l'ammoniaque précipite en blanc les sels de fer au *maximum* d'oxidation.

La petite quantité d'acide obtenue ne nous a pas permis de pousser plus loin nos recherches sur cet objet ; mais les propriétés que nous avons signalées ne permettent pas de douter que nous n'ayons obtenu un acide qui doit être placé à côté de ceux produits par le beurre et la graisse du dauphin, avec lesquels il a beaucoup d'analogie par ses caractères généraux. Mais si l'on considère que cet acide est solide et cristallisable, tandis que ceux-ci sont toujours liquides, on ne pourra se refuser à les regarder comme une espèce différente bien caractérisée ; et si l'acide du *delphinus globiceps* a reçu un nom qui dénote son origine, nous ne ferons que suivre un exemple autorisé par des faits analogues, en nommant notre acide volatil cristallisable, *acide cévadique.*

Suite de l'examen de la cévadille. — Action de l'alcool.

Après avoir séparé de la cévadille, par le moyen de l'éther, une matière grasse formée de stéarine, d'élaïne et d'un acide odorant, sans parler d'une matière colorante jaune et d'une petite quantité d'une autre substance sur laquelle nous reviendrons, nous avons continué l'examen de cette semence en la traitant d'abord par l'alcool bouillant; nous avons eu, par ce moyen, des teintures alcooliques dont les premières étaient colorées en brun foncé : ces teintures filtrées, presque bouillantes, ont, par le refroidissement, laissé déposer en flocons blanchâtres une substance qu'on a reconnue pour de la cire.

La matière dissoute, amenée à consistance d'extrait par l'évaporation, a été reprise par l'eau froide; il est resté sur le filtre une petite quantité de substance grasse analogue à celle obtenue par l'éther. La solution a alors été évaporée lentement; pendant l'évaporation il s'est formé un précipité jaune orangé que fonçaient beaucoup les alcalis, et qui au contraire perdait presqu'entièrement sa couleur par les acides : c'était une matière colorante que nous retrouverons encore plus loin, puisque la plus grande partie était restée en dissolution. Du reste, cette matière ne nous a pas présenté de caractères bien particuliers; elle ressemble beaucoup à celle qu'on retrouve dans la plupart des végétaux ligneux : seulement elle paraît être moins soluble, ou du moins le devenir en s'unissant à une petite quantité de l'acide libre qui existe avec elle dans la cévadille.

On a alors versé dans la liqueur encore très-colorée une solution d'acétate de plomb ; il s'est formé sur-le-champ un précipité jaune très-abondant qu'on a séparé par le filtre. La liqueur était devenue presque incolore ; elle contenait entre autre substance l'acétate de plomb qui avait été ajouté en excès. Le plomb a été séparé par un courant de gaz acide hydrosulfurique. La liqueur, filtrée et concentrée par l'évaporation, a été traitée par la magnésie et filtrée de nouveau. Le liquide contenait de l'acétate de magnésie et de la matière colorante. Le précipité magnésien a été traité par l'alcool bouillant. Les liqueurs alcooliques ont donné par l'évaporation une matière pulvérulente, excessivement âcre, et ayant des caractères alcalins très-prononcés. Cette matière était d'abord jaunâtre ; par des dissolutions dans l'alcool et des précipitations opérées en versant de l'eau dans les solutions alcooliques, on est parvenu à l'obtenir sous forme d'une poudre très-blanche.

Le précipité jaune formé par l'acétate de plomb a été traité par l'hydrogène sulfuré ; nous avons obtenu une liqueur très-acide et très-colorée ; elle contenait la matière colorante, l'acide acétique provenant de l'acétate de plomb, et l'acide propre à la cévadille. Nous avons eu beaucoup de peine pour obtenir ce dernier assez pur et en quantité suffisante pour reconnaître sa nature. Cependant, en évaporant les liqueurs et les exposant dans un lieu frais, nous avons obtenu des aiguilles cristallines que nous avons fait redissoudre dans de l'eau distillée et cristalliser de nouveau. Cet acide nous a alors présenté les caractères de l'acide gallique.

La matière alcaline de la cévadille existe donc, dans cette semence, à l'état de gallate acide.

De la Matière alcaline de la cévadille (vératrine).

La substance alcaline retirée de la cévadille (*veratrum sabadilla*) (1) n'existe pas seulement dans cette semence, nous l'avons trouvée également, comme nous le démontrerons plus bas, dans la racine de l'hellébore blanc (*veratrum album*) et dans celle du colchique commun (*colchicum autumnale*), plantes toutes de la même famille. Nous avons donc cru devoir la nommer *vératrine*. Voici les caractères que nous lui avons reconnus :

La vératrine est blanche et pulvérulente ; elle n'a pas d'odeur ; mais portée en substance sur les membranes nasales, elle provoque des éternuemens violens, et qui pourraient être dangereux : une quantité presque impondérable peut produire cet effet. Sa saveur est d'une âcreté extrême, mais sans mélange d'amertume. A doses très-petites, elle produit d'affreux vomissemens en irritant les membranes muqueuses ; cette irritation se propage sur les intestins lorsque la dose est un peu plus forte ; et, d'après des expériences faites sur des animaux, quelques grains purent causer la mort.

Elle est extrêmement peu soluble dans l'eau froide, et, sous ce point de vue, on peut la comparer à la mor-

---

(1) La découverte de la vératrine date de juillet 1819, et a été annoncée à la Société philomatique. (Voyez *Journal de Physique*, août 1819.)

phine et à la strychnine. L'eau bouillante en dissout $\frac{1}{1000}$ de son poids, et acquiert une âcreté sensible.

Elle est extrêmement soluble dans l'alcool ; l'éther la dissout aussi facilement, mais en moins grande quantité.

Exposée à l'action de la chaleur, elle se fond avec beaucoup de facilité ; il suffit de 50 + 0 pour la liquéfier : dans cet état, elle a l'apparence de la cire ; par le refroidissement, elle se prend en une masse de couleur ambrée et translucide. Distillée à feu nu, elle se boursouffle, se décompose et produit de l'eau, beaucoup d'huile, etc., et laisse un charbon volumineux qui, inciné, ne laisse qu'un résidu à peine sensible (1). Traitée au feu avec le deutoxide de cuivre, elle ne donne pas de trace d'azote ; elle est donc composée d'hydrogène, de carbone et d'oxigène, comme la strychnine, etc.

La vératrine ramène au bleu le papier de tournesol rougi par un acide, et sature les acides eux-mêmes en formant avec ces corps des sels incristallisables. Par l'évaporation, ces sels prennent l'apparence de gomme ou de

(1) Ce résidu est légèrement alcalin, mais on ne peut cependant attribuer à l'alcali qu'il contient l'alcalinité de la vératrine, comme le prouve l'expérience suivante : trois grammes d'acide acétique étendu d'eau dans la proportion de 1 p. d'acide sur 49 d'eau, ont demandé pour être saturés 0g123 de vératrine. L'acétate obtenu et calciné a donné un résidu pesant 0,006, qui, pour être saturé, n'a demandé qu'une goutte du même acide dont il avait fallu 3 grammes pour obtenir la saturation de la matière avant la calcination.

malate acide de chaux. Le sulfate seul présente des rudimens de cristaux lorsqu'il est avec excès d'acide.

S'il est facile de constater la propriété qu'a la vératrine de neutraliser parfaitement les acides, il est difficile d'obtenir ses combinaisons ; car lorsqu'on les étend d'une petite quantité d'eau pour séparer le sel, de la vératrine insoluble qu'on a pu mettre en excès, aussitôt la liqueur présente des indices d'acidité. Cette propriété, jointe à l'impossibilité de faire cristalliser ces sels, rend leur étude ingrate et presque impossible. Nous nous sommes bornés à l'analyse du sulfate et du muriate. Le premier est formé de :

Vératrine,	93,723	100 ;
Acide sulfurique,	6,227	6,6441.

Mais le sel que nous avons examiné était avec excès d'acide. Les proportions d'acide sont donc trop fortes si on les considère comme devant indiquer le degré de capacité de la vératrine. Il faudrait même admettre, dans le cas où nous supposerions, d'après les expériences que nous avons rapportées dans notre Mémoire sur la brucine, que le sulfate neutre contient moitié moins d'acide que le sulfate acide, qu'il est composé de :

Vératrine,	100 ;
Acide sulfurique,	3,3220.

L'hydrochlorate de vératrine paraît encore moins susceptible de cristalliser que le sulfate ; il se présente sous forme de masse transparente d'apparence gommeuse. Ce sel, parfaitement desséché au bain-marie, nous a fourni à l'analyse :

Vératrine,	95,8606	100;
Acide hydrochlorique,	4,1394	4,3181.

L'iode et le chlore ont sur la vératrine une action analogue à celle qu'ils exercent sur les alcalis végétaux déjà connus. Il en résulte des hydriodates et des iodates, des chlorates et des hydrochlorates, tous incristallisables.

L'acide nitrique se combine avec la vératrine; mais il faut employer l'acide avec précaution; un excès, surtout s'il est concentré, altère promptement la substance végétale dans ses élémens. Ici, l'on ne remarque point de couleur rouge, comme lorsqu'on agit sur la morphine, la strychnine et la brucine. La vératrine ne paraît pas susceptible de se *suroxider* comme ces trois substances; mais elle s'altère dans ses élémens, fournit une matière jaune, détonnante, analogue à l'*amer de Welther*.

La vératrine est insoluble dans les alcalis, et se dissout dans tous les acides végétaux.

Si maintenant nous comparons la vératrine aux autres alcalis végétaux déjà connus, nous verrons que, sans parler de son action sur l'économie animale, elle diffère spécialement de la morphine, de la strychnine et de la brucine, par l'impossibilité de fournir des sels cristallisables, et même des sels neutres, autrement que par l'addition d'un grand excès de base dont alors une partie est simplement mélangée; elle paraît, sous ce dernier point de vue, se rapprocher de la picrotoxine, qui, comme elle, ne rougit pas par l'acide nitrique, et dont les sels sont toujours acides.

La classe des substances végétales alcalines qui, en

1816, ne comprenait que deux espèces, la morphine et l'alcali du d'aphne, s'est enrichie successivement de la strychnine, de la picrotoxine, de la brucine et de la vératrine. Il est plus que probable que d'autres substances du même genre seront trouvées par la suite (1), et peut-être existe-t-il plus d'alcalis que d'acides végétaux. Plusieurs de ces matières ont échappé jusqu'ici aux recherches des chimistes, en raison de leur solubilité qui s'oppose à leur purification et à leur séparation d'avec la matière colorante. Ainsi, par exemple, si l'on traite les extraits de jusquiame, d'aconit-napel, de rhus radicans, etc. par la magnésie, on obtient des liqueurs très-alcalines, et qui, pour être saturées, demandent beaucoup plus d'acide que les cendres des mêmes extraits.

Il est d'ailleurs très-probable que les forces qui, pendant l'acte de la végétation, produisent des corps acides, donnent proportionnellement lieu à la formation de substances alcalines, de sorte que la production d'une molécule alcaline est une conséquence de la production d'une ou plutôt de plusieurs molécules acides, puisque les substances alcalines végétales sont, dans la nature, toujours à l'état de sur-sel. Quoi qu'il en soit de cette idée encore hypothétique, mais qui s'accorde si bien avec le système des forces électriques, qui paraissent

---

(1) Nous avons trouvé dans la racine de belladone une substance pulvérulente, soluble dans les acides, et qui se rapproche beaucoup de la vératrine par les propriétés chimiques : cependant elle n'est pas âcre ni amère. Nous comptons examiner cette matière.

avoir tant d'influence dans les compositions chimiques; si elle peut donner lieu à de nouvelles recherches, nous ne regretterons pas de l'avoir consignée.

Suite de l'analyse de la cévadille.

Nous nous arrêterons peu sur les produits que la cévadille nous a fournis après avoir été épuisée par l'éther et l'alcool. Elle contient encore une substance gommeuse assez abondante qu'on peut enlever par l'eau bouillante; il ne reste plus alors qu'une substance insipide, insoluble, qui présente les caractères du corps ligneux.

Nous n'avons point trouvé de traces d'amidon dans cette semence.

Elle fournit par l'incinération une petite quantité de cendres formées presqu'entièrement de carbonate et de phosphate de chaux, avec quelques traces d'hydrochlorate et de carbonate de potasse, et un peu de silice.

Tableau de l'analyse de la cévadille.

Matière grasse composée de :
- Elaïne;
- Stéarine;
- Acide cévadique;

Cire.
Gallate acide de vératrine.
Matière colorante jaune.
Gomme.
Ligneux.

Cendres composées de :
- Sous-carbonate de potasse;
- ——————— de chaux;
- Phosphate de chaux;
- Chlorure de potassium;
- Silice.

Analyse de la racine d'ellébore blanc (veratrum album).

Nous avons soumis la racine de l'ellébore blanc à l'analyse, en employant un procédé semblable à celui qui avait été mis en usage dans l'examen de la cévadille. Nous nous contenterons donc d'indiquer les résultats que nous avons obtenus, et qui diffèrent peu des précédens. L'ellébore blanc contient une matière grasse formée d'élaïne, de stéarine et d'un acide volatil; cet acide diffère peu de celui obtenu de l'huile solide de cévadille : cependant nous n'avons pu l'obtenir cristallisé. Par l'alcool, on retire de l'ellébore blanc une matière extractive, formée de gallate acide de vératrine et de matière colorante. Par l'eau froide, on a obtenu de la gomme, et l'eau chaude a fourni de l'amidon; principe qui ne se rencontre pas dans la semence de cévadille. Il est resté une grande masse de corps ligneux.

Les cendres de l'ellébore nous ont donné beaucoup de phosphate et de carbonate de chaux, quelques traces de silice et de sulfate de chaux, et elles ne contenaient point de chlorure.

Tableau de l'analyse de l'ellébore blanc.

Matière grasse composée de :	Elaïne. Stéarine. Acide volatil.

Gallate acide de vératrine.
Matière colorante jaune.
Amidon.
Ligneux.
Gomme.

Cendres composées de :
- Sous-carbonate de chaux;
- Phosphate de chaux;
- Sous-carbonate de potasse;
- Silice;
- Sulfate de chaux.

Analyse de la racine de colchique (colchicum autumnale).

Nous nous contenterons d'en indiquer les résultats, en nous arrêtant seulement sur la présence de l'inuline que nous avons rencontrée dans cette racine.

Matière grasse composée de :
- Elaïne;
- Stéarine;
- Acide volatil.

Gallate acide de vératrine.

Matière colorante jaune.

Gomme.

Amidon.

Inuline en abondance.

Ligneux.

Les cendres que donne une quantité assez forte de colchique sont en si petite quantité qu'on peut les négliger.

Nous avons été conduits à reconnaître dans la racine du colchique la présence de l'inuline, par l'examen du précipité formé dans la décoction aqueuse du colchique, d'abord traité par l'éther, l'alcool et l'eau froide. Ces décoctions filtrées bouillantes laissent déposer une substance blanche, floconneuse, insipide, et qui avait tous les caractères de l'inuline, à cela près qu'elle devenait bleue par l'iode; caractère qui n'appartient qu'à l'ami-

don. Mais nous nous sommes bientôt convaincus que le dépôt amilacé était une combinaison de ces deux substances ; combinaison si intime qu'il est impossible de séparer entièrement ces deux matières : en effet, si on mélange de l'amidon et de l'inuline dans la proportion au moins de 9 parties d'inuline sur 1 d'amidon, l'inuline se précipite en petites parties, en entraînant de l'amidon. Si, au contraire, l'amidon domine, il ne se précipite pas d'inuline. Il est cependant possible de reconnaître l'inuline par le procédé suivant :

On versera de l'infusion de noix de galle dans la décoction amilacée, il se fera sur-le-champ un précipité sensible ; mais en exposant la liqueur à une chaleur graduée, le précipité disparaîtra environ au 50° centig., comme l'a remarqué M. Thomson, si l'amidon est pur ; le précipité ne disparaîtra que vers le point d'ébullition, ainsi que nous l'avons reconnu, s'il y a de l'inuline.

Cette méthode pourra servir à faire trouver l'inuline dans des matières où on ne l'avait pas soupçonnée, parce qu'elle était masquée ou rendue soluble dans l'eau par l'amidon.

EXTRAIT *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 3 avril 1820.

M. BENOISTON DE CHATEAUNEUF transmet un *Mémoire sur les Maladies du genre pulmonaire*, qui sera lu dans une des séances prochaines.

M. Doolittle écrit à l'Académie une lettre relative au rapport qui a été fait sur le bateau à vapeur de Jernested. Cette lettre est renvoyée à l'examen de la Section de mécanique.

M. Dupetit-Thouars transmet une analyse de ses différentes productions. La Section de botanique est invitée à en prendre connaissance.

M. Ampère, au nom d'une Commission, fait un rapport sur un ouvrage manuscrit de M. Boillot intitulé : *Traité logico-mathématique, arithmétique analytique.*

Les commissaires ont pensé que cet ouvrage, dont le titre donnerait une fausse idée, et qui est un Traité complet d'arithmétique, peut être très-utile pour l'enseignement des premiers élémens des sciences mathématiques ; ils engagent toutefois l'auteur à faire disparaître quelques défauts qu'ils signalent.

Au nom d'une Commission, M. Thenard fait un rapport sur un *Procédé de M. Goldsmith pour faire des tableaux de végétations métalliques.*

Voici en quoi consiste le procédé :

M. Goldsmith place quelques grains de limaille de fer et de cuivre sur une plaque de verre, à une certaine distance les uns des autres. Il verse ensuite sur chaque parcelle métallique quelques gouttes de nitrate d'argent ; bientôt l'argent se précipite à l'état métallique, tandis que le cuivre et le fer s'oxident et se colorent ; alors, au moyen d'une petite tige en bois, on dispose à son gré les ramifications de l'argent, pendant que la flamme d'une bougie placée au-dessous de la plaque favorise la vaporisation de la liqueur, facilite la réaction de ces corps,

noircit la plaque et forme ainsi le fond du tableau. Les essais dont les commissaires ont été témoins permettent d'espérer qu'on pourra produire ainsi des faits assez variés.

M. Tessier, au nom d'une Commission, fait un rapport sur l'*ouvrage* manuscrit que M. Jaume-Saint-Hilaire avait présenté à l'Académie, et qui est *relatif aux espèces et aux variétés du genre* triticum *de Linné.*

L'auteur a adopté deux divisions qui comprennent : l'une, les fromens sauvages, et l'autre les fromens cultivés ; or, comme dans une semblable matière de simples descriptions sont insuffisantes, M. Saint-Hilaire a donné des figures exactes de toutes les espèces et variétés de fromens qu'il a pu se procurer : son ouvrage renferme soixante de ces dessins.

M. Lisfranc lit un *Mémoire sur un Moyen de faire l'amputation du bras dans l'articulation en quelques secondes.* (Il sera fait un rapport à ce sujet.)

La Section de botanique présente, en comité secret, la liste suivante de candidats pour la place vacante dans son sein : MM. Poiret, Dupetit-Thouars, Cassini, Deslongchamps, Turpin, Jaume-Saint-Hilaire, Richard fils.

Séance du lundi 10 *avril.*

M. Féburier adresse des observations sur le procédé de l'incision annulaire, et sur les titres qu'il croit avoir à être nommé membre de l'Académie.

M. Lenoir fils, ingénieur en instrumens de mathéma-

tiques, prie l'Académie de vouloir bien faire examiner divers instrumens de sa construction.

M. de La Borne présente, pour être déposé au Secrétariat, un paquet contenant des inventions diverses.

L'Académie procède à l'élection pour la place vacante dans la Section de botanique. Au premier tour de scrutin, les voix se partagent ainsi : M. Poiret, 25 voix ; M. Dupetit-Thouars, 19; M. Cassini, 5; M. Turpin, 3; M. Deslongchamps, 2; un billet portait: ni l'un ni l'autre. Au second tour, M. Poiret obtient 27 voix; M. Dupetit-Thouars, 24; M. Cassini, 1; et M. Turpin, 1. Il y avait encore un billet sans nom. Enfin, dans le scrutin de ballottage, M. Dupetit-Thouars réunit 30 voix, et M. Poiret 25 : M. Dupetit-Thouars est nommé.

M. de Jussieu entretient l'Académie des travaux que M. Leschenot exécute maintenant dans l'Inde.

M. Gay-Lussac fait un rapport sur le travail que M. Robiquet avait présenté à l'Académie relativement à la *nature du bleu de Prusse.*

Le Mémoire de M. Robiquet ayant déjà été inséré en entier dans ces *Annales,* tome XII, page 277, nous nous abstiendrons de présenter ici l'analyse du rapport; nous dirons seulement que le Mémoire de M. Robiquet a paru digne d'être imprimé dans le *Recueil des Savans étrangers.*

Séance du lundi 17 avril.

M. Cagniard-Latour adresse la *Description de sa pompe à cylindre courbé.* Elle sera l'objet d'un rapport.

Au nom d'une Commission, M. Duméril fait un rap-

port détaillé sur divers *Mémoires relatifs aux batraciens* que M. le Dr Edwards a lus à l'Académie.

(Quelques-uns des Mémoires de M. Edwards ayant été insérés dans ce journal, nous avons cru devoir faire connaître l'ensemble des résultats auxquels il est parvenu, en insérant en entier le rapport de M. Duméril. *Voyez* plus bas.)

M. Moreau-de-Jonnès lit un 3me *Mémoire sur la Fièvre jaune des Antilles.*

Il n'y a pas eu de séance de l'Académie des Sciences le lundi 24 avril, à cause de la séance commune annuelle des quatre Académies, fixée au 24 avril de chaque année, conformément à l'ordonnance du Roi.

Séance du lundi 1er mai.

Une lettre de M. Gauthier *sur l'emploi du sang de bœuf* est renvoyée à l'examen de M. Thenard.

M. Poncelet, officier de génie, présente un *Mémoire sur les Propriétés projectives des sections coniques.* On fera un rapport à ce sujet.

Un écrit cacheté contenant la *Description d'un instrument pour obtenir la cure radicale des hernies du bas-ventre, et principalement de l'hernie inguinale, inventé par M.* B^te Maurial, D. M., est accepté pour être déposé au Secrétariat.

M. Jules Cloquet lit un *Mémoire sur les Voies lacrymales des serpens*, qui sera l'objet d'un rapport.

M. de Laplace annonce la reprise d'une opération très-importante, commencée depuis long-temps par les ingénieurs du dépôt de la guerre, et qui va être terminée par des astronomes sardes : elle consiste dans la mesure du parallèle compris entre Bordeaux et Fiume. Pour compléter la partie géodésique, il ne reste qu'à former un petit nombre de triangles sur les Alpes.

M. Laugier lit le *Mémoire sur les Aérolythes*, dont nous avons donné l'extrait dans le précédent Cahier.

M. Cordier lit un *Mémoire sur la Pierre d'alun cristallisée.*

Lorsque ce Mémoire, qui doit être imprimé dans les *Annales du Muséum d'histoire naturelle*, aura paru, nous en donnerons un extrait.

M. Pelletier commence la lecture d'un *Mémoire* intitulé : *Faits relatifs à l'histoire de l'or.*

Séance du lundi 8 *mai.*

On annonce que le Roi a approuvé la nomination de M. Dupetit-Thouars.

M. Pelletier achève la lecture de son *Mémoire sur l'Or.* (Nous le ferons connaître prochainement.)

M. Peixhans, chef de bataillon d'artillerie, lit un *Mémoire sur la Puissance navale.*

Ce Mémoire est renvoyé à l'examen d'une Commission de six membres qui doit prononcer sur les gigantesques résultats annoncés par M. Peixhans.

On lit un *Mémoire sur la Culture de la vigne, par M.* Aubergier.

Séance du lundi 15 mai.

M. Negro-Barthélemi transmet la *Description d'une nouvelle machine hydraulique.*

M. Lepely prie l'Académie d'examiner de nouveau sa *Sommation d'une suite infinie décroissante.*

M. Chossat dépose un *Mémoire sur l'Influence du système nerveux sur la chaleur animale.* (Nous ferons connaître ce Mémoire quand les commissaires l'auront examiné.)

M. de Prony lit un *Rapport sur un moyen proposé par M.* Barbier, *pour tracer sur une planche métallique les caractères d'une écriture que l'auteur appelle* expéditive française. (*Voyez*, plus bas, ce Rapport en entier.)

M. Audouin lit des *Recherches anatomiques sur le thorax des insectes*, ou *Examen comparatif des pièces qui entrent dans sa composition.*

On lit un *Mémoire de M.* Julia *sur la Moutarde.* Le président nomme des commissaires qui feront un rapport sur ce travail.

Rapport *fait à l'Académie des Sciences sur les Mémoires de M. le D*[r] Edwards, *relatifs aux batraciens.*

« L'Académie nous avait chargés, M. Thenard et moi (M. Duméril), de lui rendre compte des Mémoires que lui avait successivement présentés M. Edwards, à la fin de l'année dernière. Si nous avons autant tardé à vous faire ce

rapport, c'est que l'auteur de ce travail avait témoigné le desir de le voir présenté au concours ouvert pour le prix de physiologie expérimentale fondé par un anonyme. Quoique, d'après la décision de l'Académie, ce prix ait été décerné à M. Edwards dans la dernière séance publique, vos commissaires n'en sont pas moins obligés de vous faire connaître, au moins sommairement, les recherches par lesquelles l'auteur a voulu apprécier l'action que l'atmosphère et les autres agens physiques, exercent sur la vie des reptiles batraciens en particulier, sur leur transpiration, et en général sur toutes les autres espèces d'animaux vertébrés à sang froid ou chaud. Nous allons en présenter une analyse rapide.

1°. *De l'Influence de l'atmosphère sur la vie des batraciens.*

» Dans ses premiers Mémoires, M. Edwards, afin d'éclairer les physiologistes sur les véritables causes de l'asphyxie chez les animaux, avait rapporté les résultats curieux des expériences auxquelles il avait soumis les reptiles batraciens; mais, afin de présenter des conséquences plus positives, et, pour ainsi dire, indépendantes de quelques circonstances des plus importantes cependant, il en avait volontairement fait abstraction. Il s'était réservé de les étudier séparément, et ce sont ces recherches qu'il a fait connaître dans les Mémoires que nous analysons.

» Nous ne rappellerons pas aux naturalistes cette particularité de la double existence des batraciens, qui en fait de véritables poissons dans leur premier âge, et à

une autre époque de leur vie des animaux aériens. Mais nous ferons ressortir cette circonstance heureuse pour le physiologiste de trouver des êtres qui, sans cesser d'être les mêmes et avec une organisation donnée, présentent successivement ce double mode de respiration. Aussi l'auteur de ces Mémoires a-t-il tiré de ses nouvelles expériences des inductions bien propres à éclairer des phénomènes qui étaient beaucoup plus obscurs chez des animaux d'un ordre plus élevé; et par les soins qu'il y a apportés, ses résultats paraissent devoir inspirer la plus grande confiance ?

» On savait que l'atmosphère, en agissant sur la peau et sur les poumons des grenouilles et des autres batraciens, contribuait puissamment à l'entretien de la vie; mais on n'avait pas étudié, pour ainsi dire, isolément cette action sur les tégumens et les organes respiratoires de ces animaux. Pour apprécier l'action de l'air sur la peau, il fallait isoler, et mieux encore si cela se pouvait, supprimer totalement l'action des poumons, et M. Edwards, dans ses expériences délicates, est parvenu à remplir complètement cette dernière condition.

» Ayant répété les expériences de MM. Herholdt et Rafn, de Copenhague, sur l'asphyxie des grenouilles, en leur tenant la bouche ouverte, il reconnut que ce procédé était insuffisant, puisque l'un de ces animaux vécut sept jours dans cet état. Il appliqua ensuite avec force une ligature autour du col de six grenouilles, de manière à intercepter complètement l'introduction de l'air dans une température qu'il avait appréciée. Il plaça ces animaux sur du sable mouillé; ils y vécurent un temps

considérable qui, pour l'un d'eux, se prolongea même jusqu'à vingt jours.

» Ces expériences étaient de nature à faire penser que les poumons n'étaient pas absolument nécessaires à la conservation de la vie. M. Edwards a démontré ce fait, en enlevant complètement ces organes à trois grenouilles, après avoir appliqué des ligatures pour prévenir l'effusion du sang. Ces animaux ne parurent pas moins agiles que d'autres de la même espèce qui étaient intacts. Il les plaça sur du sable humide. De ces trois grenouilles privées de poumons, et qui n'avaient de rapports avec l'atmosphère que par la peau, deux ont vécu trente-trois jours, et la troisième quarante jours.

» L'auteur conclut de ces expériences et de quelques-autres faites sur des tritons que, *chez les batraciens exposés à une basse température, la respiration peut être suspendue, entravée et même détruite, et que les rapports de l'atmosphère avec la peau peuvent suffire à l'entretien de la vie, au moins pendant un certain temps.*

» Après avoir apprécié d'une manière générale l'influence de l'atmosphère sur la peau, l'auteur rechercha quel serait l'effet de ce fluide élastique, en bornant son action aux organes de la respiration.

» Il reconnut, comme on devait s'y attendre, que si on enlève la peau aux batraciens, ils périssent dans l'espace de quelques jours. La seule conséquence qu'on puisse tirer de cette cruelle épreuve, c'est que la peau dans les grenouilles remplit des fonctions plus importantes à la vie que les poumons.

» En conservant la peau aux grenouilles, M. Edwards

les soumit à des expériences propres à faire connaître l'action de l'air sur les poumons, lorsque leurs tégumens ne sont plus en rapport avec l'atmosphère gazeuse, en forçant ces animaux de respirer l'air, ayant le corps immergé dans l'eau ou dans l'huile; et par une suite d'expériences variées, il s'assura que lorsque les rapports de l'atmosphère se bornent à l'action des poumons, cette respiration, uniquement pulmonaire, suffit à peine pour l'entretien de la vie.

» Il résulte de ce premier Mémoire que l'atmosphère contribue à l'entretien de la vie des batraciens, en agissant sur la peau en même temps que sur les poumons, et que tous les batraciens, soumis aux expériences, salamandres, crapauds, rainettes, ont supporté beaucoup mieux, ou pendant un plus long espace de temps, la privation ou le défaut d'action des poumons que celle de la peau.

2°. *De l'Influence des agens physiques sur la transpiration des batraciens.*

» M. Edwards, dans ce Mémoire, cherche à déterminer d'abord quels sont les changemens qui surviennent dans les quantités du fluide que laissent transpirer les batraciens, pendant des intervalles égaux et successifs, et dans des circonstances extérieures rendues absolument les mêmes.

» A l'aide d'un grand nombre d'expériences faites sur diverses espèces, et dont les résultats sont consignés dans des tableaux qui font suite aux Mémoires, l'auteur a reconnu que, dans des temps égaux et successifs, la transpi-

ration, ou la perte de poids de l'animal par l'évaporation, est décroissante; que lorsque le batracien est saturé de fluide, les pertes qu'il éprouve en poids sont beaucoup plus grandes dans les premiers espaces de temps; mais que les différences vont successivement en diminuant; ce qui rend les expériences comparatives fort difficiles.

» Après avoir indiqué cette cause de variation chez les individus diversement saturés de fluides, ou éloignés de cette saturation, M. Edwards a étudié l'influence des agens extérieurs.

» Il compare d'abord les effets de l'air en mouvement et en repos. L'air en mouvement, comme on sait, agit puissamment sur la transpiration; car le vent, suivant son intensité, peut produire une évaporation double, triple, quadruple de celle qui a lieu dans un air en repos.

» Les modifications dans l'évaporation sont plus grandes encore, 1° dans un air sec qui peut enlever cinq à dix fois plus d'eau qu'un air saturé d'humidité, et 2° d'après la température, surtout dans la limite supérieure au 40ᵉ degré centigrade; mais ce dernier effet, comme le remarque M. Edwards, dépend moins de l'influence de la chaleur ou des agens extérieurs, que de l'état même de l'animal et de son organisation souffrante.

» Les expériences qui sont l'objet de cette partie du Mémoire nécessitaient des détails numériques que l'auteur a consignés dans une série de tableaux.

» L'un des chapitres qui nous a le plus intéressés est celui où l'auteur examine l'action de l'eau sur les poids

du corps. Thomson avait déjà fait sur ce sujet des observations bien importantes, comme on sait; mais il n'avait pas apprécié les causes qui font que les grenouilles et les rainettes absorbent plus ou moins d'eau en plus ou moins de temps. M. Edwards a reconnu que cette absorption n'a lieu que lorsque ces animaux ne sont point arrivés à leur point de saturation; que la vitesse de l'absorption est d'autant plus grande que cet état de saturation est moindre, et que cette vitesse est rapidement décroissante. L'auteur a en outre déterminé positivement les effets que la température de l'eau, entre 0 et 40° centigrades, produit sur l'augmentation et la diminution du poids du corps; l'abaissement du thermomètre favorisant l'absorption, et son élévation, ses pertes par la transpiration.

3°. *De l'Influence des agens physiques sur les têtards, les poissons, les lézards, les serpens et les tortues.*

» M. Edwards avait établi, par des faits relatés dans les Mémoires qu'il a publiés, que les batraciens adultes pouvaient respirer par la peau, au moyen de l'air contenu dans l'eau, mais seulement dans une limite de 0 à 10 degrés centigrades; et qu'au-delà de ce terme, la plupart avaient besoin de recourir à la respiration atmosphérique; mais les têtards ont de plus des branchies, et par conséquent la faculté de recevoir, par ses organes, l'influence vivifiante de l'air contenu dans l'eau. L'auteur a reconnu que ces têtards peuvent en effet supporter sous l'eau une plus grande élévation de température, sans respirer à la surface, puisqu'il en a soumis un grand

nombre à une température de 25° sans en perdre un seul.

» Un autre fait physiologique des plus intéressans qu'ait constatés M. Edwards, c'est que, bornant les têtards à la respiration par les branchies, on peut arrêter et empêcher même leur métamorphose, d'où il semblerait résulter que la respiration de l'air est une des causes qui déterminent la transformation des têtards.

» M. Edwards a présenté, à ce sujet, des considérations extrêmement curieuses sur quelques animaux singuliers, chez lesquels les poumons restent long-temps dans une sorte d'imperfection.

» L'ascolat, la sirène et le protée sont dans ce cas, et il croit que la température, l'aliment et le mode de respiration peuvent contribuer beaucoup à prolonger et même à faire conserver à ces animaux l'état sous lequel on les a observés jusqu'ici.

» Parmi les agens physiques dont M. Edwards étudie l'influence sur les *poissons*, il s'occupe d'abord de la température à laquelle on soumet ces animaux; et pour simplifier d'abord l'expérience, il les place dans de l'eau privée d'air. Sur des individus de même espèce, autant que possible, de même poids, et dans des limites de température qui ont varié de 10 en 10 degrés, depuis 0 jusqu'à 40 centig., dans les limites supérieures, la mort a été presque instantanée; tandis que la durée de la vie augmentait progressivement juqu'à la limite inférieure, et en raison de leur volume ou de leur poids.

» Dans l'eau aérée, les objets varient suivant que cette eau est elle-même en contact avec l'atmosphère extérieure qui supplée à la consommation qu'en fait le poisson. Il

résulte d'un très-grand nombre d'expériences que, plus la température est élevée, plus il faut que l'influence de l'air soit grande pour maintenir la vie de ces animaux. C'est ce qu'avaient déjà reconnu MM. Sylvestre et Brongniart.

» M. Edwards recherche ensuite quelle est l'influence de l'atmosphère dans laquelle on sait que périssent assez rapidement les poissons. En appréciant les causes auxquelles on peut attribuer leur mort dans ce cas, il établit d'abord qu'un poisson qu'on retire de l'eau est saturé de toute celle qu'il a pu absorber; il recherche sur divers individus la perte qu'ils éprouvent par la transpiration avant de mourir; elle équivaut, chez le plus grand nombre, au 14 ou 16e du poids total, comme on le voit dans une série de tableaux. C'est à-peu-près ce qui arrive aux batraciens dont la saturation peut s'élever, dans quelques circonstances, au tiers du poids total du corps.

» Quant aux expériences relatives à l'influence des agens physiques sur les lézards, les serpens et les tortues, voici leurs résultats principaux :

» L'enveloppe extérieure de tous les animaux à sang froid reçoit une influence vivifiante du contact de l'atmosphère, et concourt ainsi, avec la respiration pulmonaire ou bronchiale, à soutenir leur existence. Les lézards et les tortues ne peuvent vivre entièrement sous l'eau, comme M. Edwards l'a constaté, parce que leur enveloppe épaisse, quoique poreuse, n'admet pas assez d'air pour entretenir la vie, sans le secours de la respiration pulmonaire, tandis que les autres animaux à peau nue vivent très-bien sous l'eau aérée froide et suffisamment

renouvelée. Quand on donne aux batraciens une enveloppe solide et poreuse, comme l'a fait M. Edwards dans ses expériences, ils cessent de pouvoir vivre même sous l'eau aérée courante, quoique l'enveloppe soit assez poreuse pour les laisser subsister dans l'atmosphère.

» La même cause agit et influe également sur la transpiration. Le tissu corné et solide des lézards, des serpens et des tortues ralentit beaucoup leur respiration.

4°. *De l'Influence des agens physiques sur les animaux à sang chaud.*

» Avant de considérer l'action de ces agens, M. Edwards cherche à connaître la chaleur animale dans les êtres qui, en naissant, prennent une température plus élevée que l'air.

» Il conste de ses observations que la température des jeunes mammifères n'est pas, comme on le pense, supérieure à celle des adultes. Lorsqu'ils sont auprès de leur mère, ils se mettent en équilibre avec elle; mais lorsqu'ils en sont séparés, il y a des différences, d'abord suivant les espèces d'animaux, ensuite d'après la température ambiante. Ainsi, les chats, les lapins, les chiens baissent rapidement de température, même lorsque l'air n'est qu'à 15° centigr., et ils ne se soutiennent qu'à 3 ou 4° au-dessus; tandis que le cochon d'Inde et le chevreau naissent et se soutiennent au même degré lorsque la température ambiante n'est ni très-forte ni très-faible, quoiqu'ils soient isolés de leur mère. M. Edwards a observé les mêmes différences parmi les oiseaux. Il arrive à cette conséquence que les uns naissent, pour ainsi dire, avec la

aculté de se soutenir à une température élevée au-dessus le la moyenne de l'air, et que les autres, sous ce seul point de vue, paraîtraient naître constitués comme des animaux à sang froid.

» Cette différence, au reste, ne se manifeste que pendant une quinzaine de jours. Après cette époque, il n'y a plus de différence, sous ce rapport, entre les nouveau-nés et les adultes, au moins lorsque l'air est à une chaleur moyenne; car, à un degré voisin de zéro, les jeunes se refroidissent beaucoup plus rapidement.

» Ce n'est pas à cause des enveloppes extérieures que cette propriété se manifeste, mais bien, comme M. Edwards l'a constaté, parce que les jeunes mammifères et les jeunes oiseaux produisent beaucoup moins de chaleur que les adultes.

» Sous le rapport de la production de la chaleur, les animaux hybernans sont habituellement dans le même cas que les nouveau-nés, et en poursuivant ses recherches thermométriques, M. Edwards a reconnu des différences très-notables dans les quantités de chaleur produites par des mammifères et des oiseaux adultes plongés dans une température égale, suivant leur âge, leur sexe, la saison et le degré de température intérieure.

» En recherchant les causes de cette production variée de la chaleur, l'auteur a reconnu qu'elle tenait à deux conditions principales, d'une part à l'état du sang artériel, et d'autre part à l'état des organes.

» Les mammifères qui se refroidissent rapidement par l'effet d'une température moyenne extérieure naissent avec un canal artériel large et ouvert, ce qui établit une communication entre les deux systèmes sanguins. A mesure

que cette communication diminue, la température de ces animaux s'élève. Ce n'est enfin que lorsque ce canal s'oblitère, qu'ils ont la faculté de conserver une température constante comme les adultes ; tandis que les mammifères qui naissent avec cette dernière faculté offrent, dès cette époque, un canal artériel très-rétréci, ou même oblitéré, et qu'ils ont par conséquent un sang artériel plus pur.

» D'après ses observations, M. Edwards est porté à croire que l'état des yeux des animaux à sang chaud, au moment de leur naissance, présente un caractère extérieur qui indique cette différence. Ceux qui naissent avec les yeux fermés ont aussi le canal artériel large et ouvert, tandis qu'il est rétréci et oblitéré, au moment de la naissance, dans les espèces qui ont alors les yeux ouverts.

» L'auteur a consacré un chapitre pour développer l'influence des dimensions du canal artériel et ses rapports avec la transpiration; un autre pour indiquer les sources de la chaleur animale dans le cas précédent : nous n'en présentons pas l'analyse, on en conçoit d'avance les conséquences.

» En examinant les rapports de la chaleur animale avec l'air, M. Edwards a constaté que dans les oiseaux l'étendue de la respiration est d'autant plus grande qu'ils sont dans une température plus élevée, et qu'à température égale, ils produisent plus de calorique. Aussi les oiseaux ont-ils une respiration quatre à cinq fois plus étendue lorsqu'ils sont adultes que lorsqu'ils étaient nouveau-nés. La température extérieure influe surtout sur la production de la chaleur animale. En ayant soin de ren-

dre égales les conditions de la transpiration, il a reconnu que la production de la chaleur animale est plus grande en hiver qu'en été.

» Nous négligeons beaucoup de détails importans dans lesquels M. Edwards a reconnu l'influence de la température extérieure sur la durée de la vie chez les jeunes animaux à sang chaud privés de la respiration. Il suffit d'indiquer que, sous ce rapport, les mammifères et les oiseaux se comportent à-peu-près comme les animaux à sang froid.

» Quand on a lu ces Mémoires, on est frappé du grand nombre d'expériences ingénieusement imaginées et délicatement poursuivies auxquelles l'auteur a été conduit, et surtout on se pénètre d'une véritable estime pour la candeur et la conscience avec laquelle il a su se faire des objections et y répondre.

» On trouve enfin, dans le travail de M. Edwards, nombre de faits de physiologie, ou entièrement nouveaux, ou rendus plus évidens par des expériences nouvelles, dont voici quelques-unes des plus marquantes.

» L'action de la peau étudiée chez des animaux privés à dessein et complètement de leurs poumons.

» L'espèce de saturation d'humidité qu'éprouvent quelques animaux, et les phénomènes que produit la perte plus ou moins lente de cette humidité par la transpiration cutanée.

» Les grenouilles plongées dans de l'eau aérée continuent d'y vivre, même lorsqu'elles ne respirent plus, si la température est au-dessous de 10 degrés centigrades, et elles périssent constamment et rapidement au-dessus de ce degré; tandis que les lézards, qui respirent à la

vérité par des branchies, lorsqu'ils sont placés dans les mêmes circonstances, supportent, sans périr, une température élevée jusqu'à 25° centigrades.

» La respiration, quand elle se fait uniquement par les branchies dans les lézards, arrête ou suspend les métamorphoses.

» Les poissons périssent dans l'eau privée d'air, d'autant plus rapidement que la température du liquide se rapproche davantage de 40° centigrades.

» Plusieurs espèces d'animaux, dits à sang chaud, placés dans des circonstances semblables absolument, ne développent pas le même degré de chaleur.

» Il est des mammifères nouveau nés qui ne peuvent se soutenir eux-mêmes à une température élevée, parce qu'ils sont alors organisés comme des animaux à sang froid. Ils produisent moins de chaleur, parce qu'ils ont un canal artériel ouvert, persistant, et que par conséquent leur sang artériel est moins pur et moins actif.

» L'Académie ayant déjà jugé favorablement ces Mémoires, sur le rapport verbal de la Commission nommée pour décerner le prix de physiologie, nous lui proposons d'arrêter qu'ils feront partie de ceux qui doivent entrer dans la collection des *Mémoires des Savans étrangers.* »

L'Académie approuve le rapport et en adopte les conclusions.

RAPPORT *fait à l'Académie des Sciences par M.* de Prony, *sur un Instrument au moyen duquel on peut tracer sur une planche métallique les caractères d'une écriture appelée* expéditive française.

M. BARBIER a mis sous les yeux de l'Académie, le 28 juin dernier, un instrument de son invention au moyen duquel on trace sur une planche métallique les caractères d'une écriture qu'il appelle *expéditive française*, et qui offre plusieurs avantages exposés dans la suite de ce rapport.

MM. Molard, Breguet et Prony ont été chargés d'examiner cet instrument, et de présenter à l'Académie les résultats de leur examen; mais le compte qu'ils ont à rendre, s'il se bornait à une simple discussion de mécanisme, serait insuffisant pour fixer l'opinion sur le mérite de l'invention de M. Barbier, et il est convenable d'y joindre l'exposition du système d'écriture auquel le procédé mécanique doit être appliqué. Les commissaires vont donc commencer par cette exposition, qui pourrait même, indépendamment du motif qui les engage à la donner, et par le mérite propre du système, être entendue avec intérêt. Ils en ont puisé les matériaux dans deux écrits publiés par M. Barbier.

L'idée fondamentale de la nouvelle méthode d'écriture consiste dans la formation d'une table de signes, à double entrée, imitée de celle que les arithméticiens appellent *Table de Pythagore*. Les 25 lettres de l'alphabet occupent 25 cases disposées comme les 81 cases de produit de la table sus-mentionnée. Les bandes horizontales sont numérotées de 1 à 5, et il en est de même des bandes ou colonnes verticales. C'est là ce que M. Barbier appelle *alphabet usuel*. Il emploie aussi une table qu'il désigne par le nom d'*alphabet abrégé*, et dont plusieurs cases renferment des doubles lettres. Cette table contient 30 cases de signes; elle est disposée sur cinq bandes horizontales et six colonnes verticales.

Au moyen de l'un ou de l'autre de ces tableaux, chaque élément de l'écriture peut être représenté par les deux chiffres servant de numéros aux deux bandes dont sa case occupe l'intersection ; mais la substitution de ces chiffres aux lettres ne serait pas un moyen d'abréviation, si l'auteur ne donnait des procédés pour représenter leurs combinaisons, deux à deux, par des signes d'un tracé plus expéditif, non-seulement que celui des chiffres, mais encore que celui des lettres.

Un premier procédé sur lequel nous n'insisterons pas, mais qui peut rendre possible la communication des idées entre un aveugle et un sourd, consiste à représenter les 5 numéros des bandes, horizontale et verticale respectivement, par les doigts de la main gauche et par ceux de la main droite. La combinaison d'un doigt de la première main avec un doigt de la seconde, rendue sensible ou par la vue ou par le tact, indiquera sans équivoque une des 25 lettres de l'alphabet.

Le langage par les doigts est d'un usage bien ancien, et le procédé dont nous venons de parler ne peut avoir que des applications bornées. Aussi M. Barbier en propose-t-il un autre qu'il donne comme général, pour écrire tant sur le papier que sur le métal, celui de substituer aux chiffres ou des points ou des traits rectilignes. Il parle, dans ses Mémoires, de l'emploi des traits curvilignes ; mais il n'insiste pas sur leur adoption.

S'étant ainsi arrêté à l'emploi de ces deux élémens simples de notation, le point et la ligne droite, il indique divers moyens de s'en servir qui sont distingués entre eux par quelques nuances. Nous allons exposer ce que ses règles-pratiques offrent de plus important à connaître.

Pour écrire par points, il représente chaque nombre, depuis 1 jusqu'à 6, par 2 points, et chaque couple de points se distingue par le sens de l'inclinaison de la ligne droite qu'on pourrait tirer de l'un à l'autre, ou par les rapports des distances entre les points, lorsque le sens de l'inclinaison est le même. Ainsi, pour les nombres 2

et 5, le sens d'inclinaison de la ligne qui pourrait réunir les deux points est de gauche à droite; pour les chiffres 1 et 4, cette ligne est verticale : voilà deux identités dans le sens de l'inclinaison; mais la distance entre les points du 5 et ceux du 4 étant double, la distance entre les points du 2 et ceux du 1, l'équivoque est levée. Les deux points qui représentent le chiffre 3 sont dans une même horizontale, et la ligne qui renfermerait les deux points du 6 est inclinée de droite à gauche.

Il semblerait, d'après cette convention, que chaque lettre indiquée, comme nous l'avons dit, par deux chiffres, devrait être représentée par 4 points; elle ne l'est cependant que par 3 points, vu qu'il y a toujours un point commun aux deux couples. Ainsi, pour représenter la lettre qui se trouve dans la case placée à l'intersection de la bande horizontale nº 1, et de la colonne verticale nº 3, on place deux points dans une situation verticale donnant le chiffre 1, et le point inférieur avec un troisième point placé sur la même horizontale que lui, donne le chiffre 3. Cette configuration de points représenterait la lettre *c* dans l'alphabet usuel publié par M. Barbier; mais c'est une convention qu'on peut changer à volonté, lorsqu'on a quelques motifs pour le faire, le procédé laissant absolument arbitraire la correspondance entre les lettres et les couples de chiffres qui les représentent.

La notation par traits rectilignes a des procédés analogues à ceux de la notation par points; elle se compose de traits différemment inclinés par rapport à une horizontale, et placés soit au-dessus soit au dessous de cette horizontale; mais ces traits peuvent aussi être tous verticaux, et représenter les nombres de 1 à 6 par la combinaison de leurs diverses longueurs et de leurs modes de rencontre avec l'horizontale.

Nous supprimons, pour abréger, quelques détails de notation par traits droits ou courbes, dont M. Barbier parle dans l'exposition de ses méthodes, et nous revenons à la notation par points. On a vu que certains chiffres n'étaient distingués les uns des autres que par les dis-

tances entre les points ; ce qui, dans une écriture exécutée rapidement ou avec négligence, pourrait donner lieu à des équivoques. M. Barbier lève cette difficulté, et se procure encore d'autres avantages en plaçant les points sur des portées de lignes parallèles, comme celles dont on se sert pour écrire de la musique. Cinq lignes lui suffisent pour toutes les lettres de l'alphabet usuel ; car les petites distances étant celles de lignes voisines, les grandes distances seront celles de deux lignes ayant une intermédiaire entre elles, et comme chaque lettre est, ainsi que nous l'avons dit précédemment, représentée par un groupe de trois points, si ce groupe comprend deux grandes distances, comme celles des chiffres 4 et 5, les points extrêmes se trouveront placés sur les deux lignes extrêmes de la portée, le point intermédiaire étant sur la troisième ligne, à partir soit du haut, soit du bas de cette portée.

Voilà donc un moyen sûr d'éviter toute équivoque dans la notation ; mais l'emploi des portées conduit à une simplification de la méthode générale qui nous paraît offrir le principal mérite des recherches de M. Barbier. Au lieu de représenter les chiffres de 1 à 5 ou 6 par des couples de points, on peut représenter chacun de ces chiffres par un seul point placé sur une des lignes de la portée, ou sur un des intervalles qu'elles laissent entre elles. D'après cela, pour représenter cinq chiffres, on n'a rigoureusement besoin que de deux lignes parallèles, les points pouvant se placer sur chacune de ces lignes, au-dessus ou au-dessous d'elles, et dans l'intervalle qui les sépare ; mais il est préférable d'avoir une portée de 5 ou de 6 lignes parallèles, et de ne placer les points que sur les lignes, laissant les intervalles toujours vides.

Dans ce dernier procédé, la représentation de chaque lettre correspondante à 2 chiffres est opérée par deux points seulement, et on est délivré des assujettissemens relatifs tant aux distances entre ces points, qu'aux inclinaisons des directions sur lesquelles ils se trouvent.

L'auteur fait remarquer parmi les avantages de la no-

tation par points, celui de pouvoir piquer plusieurs feuilles de papier à la fois et multiplier les copies ; mais l'application de ces points sur les portées des lignes parallèles procure l'avantage plus remarquable de rendre possible l'établissement d'une correspondance secrète susceptible d'une infinité de combinaisons des signes de lettres avec les positions relatives de ces signes. Dans ce mode de notation, celui qui écrit la dépêche marque les points sur un papier transparent qu'il applique sur un papier rayé, et son correspondant a un papier rayé exactement de la même manière. Or, non-seulement on peut varier d'après des conventions faites, les numéros représentés par les lignes des portées, mais ces lignes peuvent être droites ou courbées d'une manière quelconque. De plus, leurs distances entre elles sont entièrement arbitraires; en sorte qu'une dépêche ainsi écrite avec les précautions convenables doit n'offrir à l'œil qu'un assemblage confus de points qui semblent être placés au hasard.

On voit, par tous les détails dans lesquels nous venons d'entrer, que le procédé d'écriture de M. Barbier est très-susceptible d'être mis en pratique par le moyen d'une machine disposée ou pour frapper des points sur une planche métallique, ou pour y former des incisions rectilignes au moyen d'un tracelet. M. Barbier a préféré avec raison la seconde espèce de gravure, et a adapté son mécanisme au dernier système de notation dont nous avons parlé, celui qui s'exécute sur des portées de 5 ou 6 lignes parallèles. La seule modification qu'il y ait faite consiste dans l'emploi de deux portées de cinq lignes, au lieu d'une, pour indiquer les deux chiffres qui représentent chaque lettre. Les lignes de la portée supérieure représentent les numéros des bandes horizontales, et les lignes de la portée inférieure représentent les numéros des colonnes verticales de la table à double entrée des lettres de l'alphabet. Chaque lettre est désignée par un trait vertical ayant ses origines supérieure et inférieure respectivement placées sur les lignes qui correspondent à ses deux numéros.

La planche entièrement lisse à graver étant posée sur la machine, il suffit, pour y tracer non-seulement l'écriture, mais encore les lignes parallèles des portées, de faire osciller à droite et à gauche un bras de levier décrivant un arc variable pour chaque lettre, dont l'amplitude est indiquée par une aiguille qui marche sur un cadran portant des divisions numérotées de 6 à 1.

Lorsque le cadran est éclairé, on voit l'aiguille parcourir les divisions du cadran ; l'œil dirige la main dans la gravure des traits correspondans à des numéros quelconques; mais la même opération peut se faire dans l'obscurité par le moyen d'un compteur adapté à la machine qui rend un son à chaque division du cadran sur laquelle passe l'aiguille, et c'est alors l'oreille qui sert de guide à la main.

On voit donc que l'utilité de cette machine ne consiste pas seulement dans la multiplication, par la gravure, des exemplaires des pièces d'une correspondance, mais encore dans la possibilité, la facilité de faire écrire sous la dictée, soit de jour, soit de nuit, un individu qui n'a aucun besoin, pour remplir parfaitement cet emploi, ni de savoir lire ni de savoir écrire. On lui nomme seulement les numéros sur lesquels l'aiguille doit s'arrêter, et il trace des caractères machinalement, sans même comprendre un seul mot de ce qu'on lui fait écrire.

Il serait très-difficile de bien faire concevoir, par le seul discours et sans le secours des figures, le mécanisme de l'instrument dont nous venons de parler, exécuté avec beaucoup de talent par un mécanicien nommé *Hetzel*. Nous nous bornerons à dire que ce mécanisme résout très-bien le problème dont M. Barbier s'était proposé la solution. Le seul défaut que nous lui trouvions est d'être trop compliqué et d'une construction trop dispendieuse. Ce défaut, qui forme un contraste fâcheux avec la simplicité du système d'*écriture* de l'auteur, nuirait certainement à la propagation que M. Barbier a fort à cœur de l'usage de ce système. Il nous semble qu'il ne lui serait pas difficile d'y remédier. La fonction du tracé des lignes parallèles que remplit sa machine nous paraît peu utile,

vu qu'il n'y a ni embarras ni inconvénient à se servir de planches sur lesquelles les portées sont tracées d'avance. Le compteur, rarement nécessaire, peut être considéré comme une espèce de luxe de mécanisme réservé pour un petit nombre de curieux, etc.

Conclusion.

Les réglemens de l'Académie ne nous permettent pas de lui proposer d'émettre son opinion sur le système général d'écriture de M. Barbier, ce système, que dans notre opinion particulière nous regardons comme digne d'éloges par sa simplicité et la facilité de sa mise en pratique, étant depuis quelques années soumis au jugement du public.

Il n'en est pas de même de l'instrument sur lequel l'auteur n'a encore rien publié, et qu'il a fait agir, au mois de juin dernier, sous les yeux de l'Académie. Des épreuves subséquentes et l'examen du mécanisme ont convaincu les commissaires que le problème dont ce mécanisme devait donner la solution avait été très-bien résolu, mais par des moyens qui n'offrent pas la simplicité et l'économie desirables.

En conséquence nous proposons à l'Académie d'inviter M. Barbier, en donnant des éloges au mérite de ses conceptions et au talent dont il a fait preuve, à s'occuper des moyens de rendre son instrument plus simple et moins dispendieux.

Nous ajouterons qu'animé d'un zèle pour le bien public aussi sincère que désintéressé, il a le projet de faire hommage de cet instrument au Conservatoire royal des Arts.

NOTE *sur un nouveau Procédé pour obtenir la zircone pure.*

Par MM. DUBOIS et SILVEIRA.

CE procédé consiste à traiter les zircons réduits en poudre fine avec deux parties de potasse à l'alcool, que l'on fait rougir dans un creuset d'argent pendant environ une heure. On délaie ensuite cette matière avec de l'eau distillée; on verse le tout sur un filtre, et on lave parfaitement. Ce qui reste sur le filtre est un composé de zircone, de silice, de potasse (1) et d'oxide de fer; on le fait dissoudre dans l'acide hydrochlorique, puis on évapore à siccité pour séparer la silice. On redissout dans l'eau l'hydrochlorate de zircone et de fer, pour séparer les dernières portions de zircone qui sont entraînées par la silice; on traite celle-ci par de l'acide hydrochlorique faible, qu'on ajoute à la première solution. La liqueur étant filtrée, on précipite la zircone et le fer par l'ammoniaque pure. On lave bien ces hydrates, et on les traite par l'acide oxalique, en faisant bouillir la liqueur pour que l'acide attaque parfaitement le fer qui reste en dissolution, tandis que la zircone se précipite à l'état d'oxalate entièrement insoluble. On filtre, on lave cet oxalate jusqu'à ce que les eaux de lavage ne donnent plus d'indice de fer par les

---

(1) Ce composé est considéré par M. Chevreul comme une sorte de sel double.

réactifs. Cet oxalate est d'une couleur opaline quand il est sec. Après avoir été bien lavé, il est décomposé en l'exposant à l'action de la chaleur dans un creuset de platine.

La zircone ainsi obtenue est parfaitement pure, mais n'est presque pas attaquable par les acides. On la traite de nouveau par la potasse, comme nous l'avons dit précédemment, et quand elle a été attaquée par la potasse, et lavée jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de trace d'alcalinité, on la dissout dans l'acide hydrochlorique; il devient alors très-facile de la précipiter par l'ammoniaque. Cet hydrate, ainsi obtenu et bien lavé, est très-soluble dans les acides.

On voit, par ce que nous venons d'exposer, que ce procédé diffère de celui publié par M. Chevreul dans les *Annales de Chimie et de Physique* du mois de mars 1820. Nous n'entrerons pas dans le détail des combinaisons salines de la zircone, M. Chevreul ayant annoncé que cela serait l'objet d'un second Mémoire. Nous croirions manquer, premièrement, à toute espèce d'égard et de bienséance, et, en second lieu, nous tenons trop à l'estime et à l'amitié de M. Chevreul pour rien faire qui pût nous faire supposer l'intention de nous emparer de sa découverte.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS.
	Barom. a 0°.	Therm extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	765,44	+ 0,5	60	765,25	+12,8	30	764,30	+13,8	24	764,58	+ 9,1	50	+13,8	+ 4,8	Légers nuages.	N. E.
2	764,62	+11,5	46	764,11	+13,1	41	762,83	+15,0	39	762,08	+10,5	53	+15,0	+ 5,5	Trouble et nuageux.	N.
3	760,32	+14,2	50	759,8[illegible]	+15,6	50	759,15	+15,5	49	758,60	+10,5	50	+15,6	+ 7,5	Nuageux.	N. O.
4	755,83	+10,8	68	754,87	+11,9	64	753,33	+15,5	53	751,55	+12,2	63	+15,5	+ 7,3	Couvert.	E. S. E.
5	750,70	+11 3	57	750,52	+14,6	47	750,40	+15,2	45	752,46	+ 8,5	49	+15,3	+ 8,0	Légèrement couvert.	N. E.
6	754,66	+11,1	47	754,20	+12,8	38	753,28	+14,0	33	752,25	+11,3	49	+14,6	+ 3,5	Beau.	N. N. O.
7	750,75	+12,5	89	751,09	+14,8	83	750,92	+10,6	80	751,74	+13,0	89	+16,6	+ 9 8	Couvert.	O. S. O.
8	752,77	+17,2	64	752,20	+20,8	54	750,57	+20,0	48	749,78	+15,8	84	+21,0	+ 8,8	Nuageux.	S. E.
9	751,00	+ 5,0	96	750,70	+22,0	59	751,40	+21,0	53	752,97	+14,0	99	+22,0	+12,2	Tres nuageux.	S.
10	756,79	+15,6	70	757,25	+20,8	52	757,39	+20,6	43	758,78	+14,9	71	+20,8	+11,6	Nuageux.	S. S. O.
11	760,90	+20,8	56	760,25	+22,4	45	758 70	+24,0	43	758,37	+17,6	55	+24,0	+10,2	Trouble et nuageux.	S.
12	759,80	+17,8	61	759 46	+20,5	46	758,60	+21,5	42	757,37	+16,6	60	+21,5	+12,0	Nuageux.	O.
13	754,78	+13,8	89	754,24	+19,8	74	753,96	+14,0	69	755,15	+14,8	90	+20 0	+11,5	Couvert.	S. E. faible.
14	754,71	+19,1	66	753,70	+18,5	66	752,16	+16,0	78	754,53	+11,2	91	+19,1	+10,6	Couvert.	O.
15	755,27	+19,8	57	754,63	+21,5	50	752,80	+21,2	46	751,38	+12,2	97	+21,5	+ 9,5	Nuageux.	S.
16	754,90	+15,6	63	754,64	+18,2	52	754,70	+17,0	62	755,20	+10,2	85	+18,3	+ 9,5	Nuageux.	S. O. fort.
17	756,30	+15,0	66	755,57	+17,8	58	753,95	+16,8	54	750,02	+13,2	77	+17,8	+ 7,[illegible]	Couvert.	S. O.
18	747,83	+15,0	61	745,80	+17,0	54	747,20	+16,5	54	748,56	+11,0	70	+17,0	+11,0	Très-nuageux.	S. très fort.
19	754,38	+15,8	57	755,43	+18,5	50	756,04	+18,4	46	759,36	+12,5	62	+18,5	+ 7,5	Très-nuageux.	S. O.
20	764,07	+17,0	56	764,36	+18,9	50	764,30	+19,8	43	766,07	+15,0	60	+19,7	+ 8,2	Nuageux.	O. S. O.
21	766,66	+16,1	53	76[illegible],[illegible]4	+1[illegible],0	53	765,07	+20,5	44	764,46	+17,3	58	+20,5	+ 9,5	Légeres vapeurs.	N.
22	761,95	+ 21,1	65	760,88	+23,2	47	759,73	+23,1	43	758,44	+20,1	49	+23,3	+11,5	Superbe, petits nuag.	S.
23	756,13	+22,9	57	755,18	+23,8	51	754,[illegible]7	+24,2	48	752,87	+1[illegible],[illegible]	65	+24,3	+11,9	Nuageux.	S. E.
24	753,77	+21,6	63	754,14	+22,2	58	753,32	+23,2	54	753,34	+14,8	93	+23,2	+13,2	Très-nuageux.	S. O.
25	757,65	+16,2	66	757,25	+18,9	62	756,48	+16,[illegible]	72	755,34	+13,3	70	+18,9	+11,0	Quelques éclaircies.	S. O.
26	755,96	+17,7	77	756,28	+18,0	72	755,52	+20,5	72	755,02	+16,9	88	+20,5	+13,5	Couvert, pluie.	S. O.
27	752,57	+17,3	74	751,32	+20,5	63	749,78	+21,5	57	751,26	+12,8	90	+21,5	+12,0	Nuageux.	S.
28	752,29	+16,5	47	752,11	+15,8	50	751,24	+16,5	50	749,26	+13,1	74	+16,5	+ 8,5	Couvert.	S. O.
29	744,80	+14,6	62	744,26	+16,8	50	744,40	+13,0	64	744,40	+ 9,8	85	+16,8	+ 8,9	Très-nuageux.	O.
30	744,95	+13,2	60	744,60	+14,2	55	745,22	+11,2	70	746,46	+ 8,2	82	+14,3	+ 7,2	Très-nuageux.	O.
31	747,84	+13,0	68	747,27	+14,9	70	740,75	+12,9	79	747,45	+10,2	91	+16,5	+ 7,2	Pluie par intervalle.	S. O. fort.
1	756,29	+13,3	65	756,01	+15,9	52	755,36	+16,7	47	755,48	+12,0	65	+17,0	+ 7,9	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	756,09	+17,0	63	755,82	+19,3	54	755,24	+18,5	54	755,60	+13,4	75	+19,7	+ 9,8	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 9,106.
3	754,05	+17,3	63	753,57	+18,8	57	752,87	+18,5	59	752,57	+14,2	77	+19,6	+10,4	Moyenn. du 21 au 31.	Terrasse, 8,652.
	755,43	+15,9	64	755,08	+18,1	55	754,48	+17,9	53	754,48	+13,2	72	+18,8	+ 9,4	Moyennes du mois	+ 14 1.

MÉMOIRE

Sur la Communication des mouvemens vibratoires entre les corps solides.

Par M. Felix Savart, Docteur en Médecine, etc.

(Lu à l'Académie des Sciences le 15 novembre 1819.)

Dans le Mémoire que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie des Sciences, sur la construction des instrumens à cordes, j'ai établi, comme principe confirmé constamment par l'expérience, que le contact immédiat entre deux corps était une cause suffisante pour que des mouvemens vibratoires excités dans l'un des deux fussent partagés par l'autre, et pour que la période de leurs oscillations fût la même : aujourd'hui je me propose d'examiner comment cette transmission s'opère, non-seulement entre deux corps qui se touchent immédiatement, mais encore entre deux ou un plus grand nombre de corps séparés par des conducteurs de diverses formes. Dans le Mémoire que je viens de citer, je me suis borné à l'exposition du fait, et j'en ai donné une explication qui paraît juste, mais qui est incomplète : j'ai avancé que quand deux corps étaient unis par un troisième, le mouvement se transmettait du premier au second par une suite d'ondes longitudinales qui traversaient le corps intermédiaire ; ce qui n'est vrai que dans certains cas. Comme je vais chercher à le prouver, le mode de vibration du corps conducteur dépend entièrement de la manière dont il est ébranlé, et souvent il

peut être le siége de vibrations transversales. Enfin, ce qui est très-important et ce dont je n'avais pas parlé, c'est que le nombre des vibrations du corps primitivement ébranlé, par conséquent le son qui en est le résultat, se trouvent changés par les corps avec lesquels on le met en contact immédiat : tantôt le son devient plus aigu, tantôt il devient plus grave; ce qui dépend de la manière dont les corps vibrans sont unis entre eux.

Le son peut se transmettre par des ondes longitudinales, par des vibrations transversales, par des vibrations tournantes, et quelquefois par deux ou plusieurs de ces modes de mouvement réunis. Jusqu'à présent les vibrations longitudinales des verges élastiques n'ont été examinées que très-superficiellement : M. Chladni, qui les a le premier observées, en a déterminé les lois plutôt par l'analogie qu'on remarque entre ce mode de mouvement et les ondes excitées dans l'air, que par des observations directes et expérimentales : il paraît qu'il s'est borné à les examiner dans des cordes d'une longueur considérable, dans des tubes de verre et dans des cylindres formés de diverses substances solides; de sorte que la forme de ces différens corps ne lui permettant pas de les recouvrir de sable pour reconnaître la disposition des lignes nodales ou points immobiles, il ne lui vint pas à l'esprit d'employer pour les vibrations longitudinales ce procédé qui lui avait si bien réussi dans l'examen de celles qui sont transversales.

Pour pouvoir déterminer l'espèce de mouvement dont les corps en contact immédiat sont susceptibles, il était indispensable de trouver un moyen qui pût facilement faire distinguer les vibrations longitudinales, de celles

qui sont transversales ; c'est ce à quoi on parvient aisément à l'aide de sable fin et sec dont on recouvre la surface du corps mis en expérience : quand les vibrations sont transversales, le sable saute perpendiculairement à la surface sur laquelle il repose ; tandis que quand elles sont longitudinales, il est entraîné dans la direction des ondes parallèlement à cette même surface, et cela avec une rapidité si grande que souvent les lignes nodales se trouvent formées comme instantanément : par exemple, si l'on prend une verge de verre mince et étroite, longue de 2 décimètres environ, et qu'après l'avoir fixée dans une direction horizontale, par une de ses extrémités, à un corps susceptible d'en partager les mouvemens, on recouvre sa face supérieure avec du sable ; quand on promènera sur la face inférieure un doigt qu'on aura préalablement mouillé, il se produira des vibrations longitudinales que la direction des mouvemens du sable fera facilement reconnaître et distinguer des vibrations transversales qu'on pourrait exciter dans la même verge à l'aide d'un archet.

Comme les verges qui sont le siége de vibrations longitudinales présentent des phénomènes très-singuliers et inconnus jusqu'ici, je crois qu'il ne sera pas déplacé d'en dire quelques mots avant de parler de la communication des mouvemens vibratoires ; et sans prétendre expliquer les faits dont je me propose de parler, je me bornerai à un exposé général et succinct, ayant pour unique but, en cela, de présenter aux savans quelques expériences nouvelles qui me paraissent dignes de quelque attention.

En conséquence, je diviserai mon travail en trois sections : dans la première, je parlerai des vibrations longi-

tudinales des verges ; dans la seconde, j'examinerai dans quelle direction s'exécutent les mouvemens excités indirectement ; enfin, dans la troisième, je ferai l'exposé de quelques expériences touchant les changemens qui surviennent dans le nombre des oscillations des corps, lorsqu'ils sont en contact immédiat avec d'autres corps auxquels ils communiquent leur mouvement.

SECTION PREMIÈRE.

§ Ier.

Depuis la publication des travaux de M. Chladni sur l'acoustique, les mouvemens des verges qui exécutent des vibrations longitudinales ont été comparés à ceux des colonnes d'air qui vibrent dans des tuyaux, c'est-à-dire, qu'on a supposé qu'elles étaient le siége d'ondes alternativement condensantes et raréfiantes qui se propagent avec une vitesse déterminée par les propriétés de la substance dont ces verges sont composées. Néanmoins jusqu'à présent on n'a fait aucune expérience qui établisse avec évidence que le mouvement soit absolument le même dans les colonnes d'air et dans les verges ébranlées longitudinalement : comme nous allons le voir, ces dernières présentent des phénomènes fort singuliers qui probablement n'existent pas dans les colonnes d'air.

M. Chladni a avancé qu'une verge fixée par une de ses extrémités prenait un mode de mouvement analogue à celui d'un tuyau d'orgue bouché à un bout, quand on la mettait en vibration, en la frottant dans le sens de sa longueur avec un morceau de drap mouillé : j'avoue que quelque peine que je me sois donnée, je n'ai jamais pu

répéter cette expérience, même en employant des verges fort longues : j'ai toujours observé qu'il était impossible d'en tirer aucun son quand l'obstacle auquel elles étaient fixées était tout-à-fait immobile. Mais quand cet obstacle est susceptible d'entrer lui-même en vibration, alors les verges résonnent avec la plus grande facilité, quelles qu'en soient d'ailleurs les dimensions : ainsi, par exemple, si l'on fixe un tube de verre à la table mince d'un instrument de musique, quelque court ou quelque long que soit ce tube, on peut toujours en tirer un son; mais rien n'autorise à comparer le mouvement qui le produit à celui qui a lieu dans un tuyau bouché à un bout; car, si le tube est très-petit, le son obtenu est sensiblement le même que celui que la table de l'instrument rend par la percussion; et s'il est long, le son devient seulement un peu plus grave que celui que la table rend isolément.

Dans le cas où les deux extrémités d'une verge sont libres, les expériences établissent beaucoup plus d'analogie entre les mouvemens qui s'y produisent et ceux qui ont lieu dans un tuyau ouvert aux deux bouts : alors la longueur devient presque indifférente, pourvu toutefois qu'on fasse très-minces et très-étroites les verges qui sont fort courtes. Les plus longues verges que j'ai employées avaient jusqu'à 2 mètres, et je suis parvenu à en faire vibrer qui n'avaient pas plus de 16 centimètres.

Pour obtenir le son le plus grave dont une verge libre est susceptible, nous l'appellerons ut_1, il faut la frotter vers l'une de ses extrémités avec un morceau de drap mouillé, et la tenir, environ au milieu de la longueur,

entre deux doigts qu'on appuie le moins possible. Si l'on place les doigts en tout autre point de la longueur, ou l'on n'obtient aucun son, ou celui qu'on obtient est plus aigu que quand les doigts sont placés au milieu. Si on les pose au quart de la longueur et qu'on promène le drap au milieu, le son monte d'une octave ; on peut le désigner par ut_2 : si on les place au sixième de la longueur, le son devient encore plus aigu ; c'est sol_2, etc. Ainsi, la série des sons correspond à celle des nombres naturels 1, 2, 3, etc., comme dans les tuyaux ouverts aux deux bouts, et la position des nœuds est la même. On peut donc, pour les quatre premiers sons, représenter le mode de mouvement des verges libres aux deux extrémités, par les fig. 1re, 2e, 3e et 4e, où *N*, *N*, *N'*, etc. indiquent les points de la longueur qu'on peut toucher, sans altérer le son ou sans empêcher qu'il ne se produise.

Il est indispensable, pour faire cette expérience, d'employer des verges fort longues, sans quoi on ne peut obtenir que le premier, et quelquefois le second son. Une verge de 2 mètres rend facilement les sons ut_1, ut_2, sol_2 et ut_3. Des tubes de verre, des cylindres de métal ou de bois donnent les mêmes résultats, avec les différences de son que comporte la substance dont ils sont composés, ainsi que M. Chladni l'a avancé dans son *Traité d'Acoustique*. Mais, dans le travail dont nous allons nous occuper, nous ne parlerons que de ce qui se passe dans les lames de verre, de bois ou de métal, qui présentent deux faces parallèles sur lesquelles on peut facilement répandre du sable fin.

Lorsque les verges sont faites de verre, il faut prendre

garde de ne pas y exciter un ébranlement trop considérable, sans quoi elles se brisent avec la plus grande facilité; ce qui arrive surtout quand, après avoir promené le drap dans un sens, on le retire subitement dans le sens opposé. Une portion de verge qui a appartenu à une verge plus grande, à laquelle on a fait produire un même mode de mouvement un grand nombre de fois, ne paraît plus susceptible pendant un certain temps de vibrer régulièrement : il semblerait que la répétition fréquente des mêmes mouvemens apporte des changemens dans la disposition des molécules.

Revenons un instant au cas où l'une des extrémités d'une verge est fixée à un obstacle immobile : je suppose qu'on prenne un cylindre très-mince de métal qui rende, quand on le tient par le milieu de sa longueur, un son très-pur; alors chacune des deux moitiés peut être considérée comme ayant un mode de mouvement analogue à celui d'un tuyau bouché : ainsi, si l'on fixe le cylindre dans un étau de manière qu'une des moitiés de la longueur soit entièrement libre, elle devra vibrer comme auparavant, et continuer à rendre le même son, comme un tuyau ouvert aux deux bouts continue à rendre le même son quand on place un diaphragme dans le point de sa longueur qui correspond au nœud de vibration de la colonne d'air; mais il n'en est rien, un cylindre ainsi fixé par le milieu n'est plus susceptible de vibrer. Cette expérience porte donc à croire que les verges ne sont susceptibles de vibrer longitudinalement que quand elles sont libres par leurs deux extrémités.

§ II.

Si l'on tient, par le milieu de la longueur et dans une direction horizontale, une verge mince et étroite dont on aura recouvert une des faces avec une couche légère de sable fin et sec, à l'instant où l'on promènera un morceau de drap sur une des extrémités de la verge, c'est-à-dire, aussitôt qu'il se produira un son, le sable formera, dans différens points de la longueur, des lignes nodales très-distinctes, rectilignes, parallèles entre elles, et perpendiculaires aux côtés de la verge, quand la largeur de celle-ci est peu considérable, comme nous le supposons dans le cas présent; quand, par exemple, elle n'excède pas 2 centimètres : de sorte qu'au premier abord, l'on pourrait croire que l'espace que ces lignes laissent entre elles est la mesure d'une onde entière, et que le son qu'on obtient n'est pas le résultat du mode de division le plus simple que la verge puisse affecter; mais qu'il est le produit d'une subdivision élevée. Cette idée s'évanouit d'elle-même quand on considère que le seul point de la verge où l'on puisse poser les doigts sans altérer le son est à-peu-près au milieu de la longueur; car si les lignes formées par le sable étaient des nœuds appartenans au mode de mouvement qui donne le son qu'on obtient, il serait indifférent de placer les doigts sur l'un quelconque ou sur plusieurs d'entre eux.

La friction exercée à l'aide d'un morceau de drap mouillé n'est pas le seul moyen qu'on puisse employer pour exciter des vibrations longitudinales; il en existe beaucoup d'autres dont nous parlerons successivement,

parce qu'ils présentent tous quelques phénomènes qui leur sont particuliers.

Un simple choc exercé à l'extrémité d'une verge à l'aide d'un petit cylindre de métal suffit pour la déterminer à osciller et à rendre un son très-pur. Si l'on répand sur cette verge une couche légère de sable, il s'arrange aussitôt pour former un certain nombre de lignes nodales qui sont très-régulières. Ce mode d'ébranlement est le plus simple qu'on puisse employer; il convient surtout pour les verges de métal, parce qu'on peut les frapper impunément sans craindre d'en détruire les arêtes : de même que celui dont je vais parler, il est préférable au précédent, parce que la distribution des lignes nodales se fait avec beaucoup plus de netteté, et que l'on peut entièrement recouvrir de sable l'une des faces de la verge dont on examine le mode de mouvement.

A l'aide d'un peu de mastic, si l'on unit, à l'une des extrémités d'une verge, un petit tube très-mince de verre, de manière qu'il soit comme le prolongement d'une ligne qui serait parallèle aux deux côtés de la verge, et qui la partagerait en deux parties égales dans le sens de la largeur (*voyez* fig. 5[e]); quand on promènera sur ce petit tube un morceau de drap mouillé, l'ébranlement qu'on y produira se communiquera à la verge, et la déterminera à osciller selon que sa longueur le comportera, et selon qu'on aura rendu un ou plusieurs points immobiles en les touchant avec les doigts. Ce moyen d'ébranlement, dont la première idée est due à M. Blanc, convient non-seulement pour mettre en jeu des verges étroites, mais encore pour exciter des ondes longitudi-

nales dans des verges très-larges, dans des plaques de diverse forme, d'une largeur et d'une longueur considérables, quelle que soit la substance dont elles sont composées. Si le tube est comme infiniment petit relativement au corps qu'il doit mettre en mouvement, sa présence n'influe pas sensiblement sur le mode de division de ce corps, et l'on pourrait penser qu'il n'agit alors que comme occasionant une suite de chocs quelconques qui déterminent le corps à prendre l'espèce de mouvement qui lui convient. Mais si le tube a une certaine longueur, le son obtenu devient sensiblement plus grave, la disposition des lignes nodales formées par le sable se trouve changée, et l'on remarque que l'espace qu'elles laissent entre elles devient d'autant plus grand que le tube est plus long, ou peut-être qu'il est plus lourd.

§ III.

Par l'un quelconque des moyens d'ébranlement dont nous venons de parler, si l'on examine une verge qui exécute des vibrations longitudinales, l'on observe, si on l'a préalablement recouverte de sable, que les lignes nodales des extrémités sont constamment les premières formées, et que celles qui doivent occuper le milieu de la longueur ne se prononcent jamais avec autant de facilité et de netteté que les autres : ceci est constant pour toutes les verges, quelles qu'en soient les dimensions et quelle que soit la substance dont elles sont composées. Si l'on fait produire le son 2 à une verge, en plaçant les doigts aux quarts de la longueur, en N, N' (*fig.* 2), les lignes nodales qui avoisinent le point touché sont, de même que dans le mode de vibration précédent, moins

nettes que celles qui sont réparties sur les autres points de l'étendue de la lame ; et cet effet ne doit pas être attribué à la pression exercée par les doigts, parce qu'il se produit de même quand elle n'a pas lieu ; ce dont on peut se convaincre en ne touchant, par exemple, que le point N, et en promenant le drap, depuis N' jusqu'à l'extrémité qui est de son côté ; alors on pourra voir que les lignes qui avoisinent N' seront, de même que celles qui avoisinent N, moins régulières que toutes les autres.

Le nombre des lignes que forme le sable dépend de la substance qui compose la verge et des dimensions de celle-ci : il est d'autant plus grand que l'épaisseur est plus faible et que la longueur est plus considérable ; je ne parle pas ici de la largeur dont l'influence est très-notable, comme nous le verrons plus loin.

Pour mettre, dans l'exposé des phénomènes très-compliqués dont il s'agit ici, autant de clarté qu'il me sera possible, j'examinerai d'abord ce qui se passe dans les verges étroites, dont la largeur n'excède pas 15 millimètres ou 2 centimètres, et je les supposerai toutes de même longueur, afin de pouvoir, par le moyen des figures, donner à ceux qui me liront une représentation fidèle des faits.

Supposons que la figure 6e représente une verge de verre de $0^m,015$ de largeur, de $0^m,0015$ d'épaisseur et de $0^m,70$ de longueur ; le nombre des lignes nodales et leur disposition seront représentés par les lignes a, b, c, d, e, f, b', c', d', e', f', dans le mode de mouvement le plus simple que la verge puisse prendre ; car le seul point où l'on pourra poser les doigts, sans que le

son ait de la peine à se produire, sera entre les deux lignes f et f'; c'est donc en ce point que se forment les condensations occasionées par les ondes qui parcourent la verge, et comme la figure l'indique, il ne correspond pas exactement au milieu de la longueur de la lame, il se trouve un peu rapproché de *A*; dans l'une des moitiés, il y a une ligne nodale de moins que dans l'autre. Il peut arriver aussi qu'une verge de mêmes dimensions que la précédente prenne le mode de division de la fig. 7[e], où les lignes formées par le sable sont disposées à peu-près symétriquement dans les deux moitiés de la longueur de la lame; et souvent, de deux verges coupées à côté l'une de l'autre dans la même feuille de verre, l'une prendra le mode de division de la fig. 6[e], et l'autre le mode de division de la fig. 7[e].

La position de ces lignes formées par le sable ayant été reconnue et marquée, par exemple, en mettant un peu de cire dans les endroits qui leur correspondent; si l'on retourne la verge de manière que la face qui était inférieure devienne supérieure, les nouvelles lignes formées par le sable ne correspondent pas à celles de la face opposée; on voit qu'au contraire elles correspondent à-peu-près au milieu de la distance qui les sépare. Lorsque les verges sont très-minces, cette correspondance n'est jamais exacte, et l'on observe le plus souvent de l'irrégularité dans la distribution des lignes nodales; mais quand les verges ont 2 ou 3 millimètres d'épaisseur, les nœuds d'une des faces correspondent toujours au milieu de l'intervalle qui existe entre ceux de la face opposée. Par exemple, la disposition des nœuds d'une des faces étant représentée par n, n, n, etc.,

fig. 8e, celle de la face opposée sera représentée par n', n', n', etc.; ou bien les lignes d'une des faces étant représentées par n, n, n, etc., fig. 9e, celles de la face opposée seront représentées par n', n', n', etc. de la même figure. Ainsi, par-tout les mouvemens d'une des moitiés de l'épaisseur se trouvent contraires à ceux des points correspondans de l'autre moitié. Cette disposition n'est pas particulière aux lames de verre, elle existe dans celles de bois et de métal, et elle est constante, quelle que soit d'ailleurs la largeur et l'épaisseur du corps dans lequel on excite des vibrations longitudinales.

L'on pourrait penser que ce singulier phénomène est dû à ce que l'ébranlement a lieu un peu plus tôt dans l'une des moitiés de l'épaisseur que dans l'autre; et l'on conçoit que, dans ce cas, les nœuds, en place d'être des plans immobiles perpendiculaires aux arêtes de la verge, leur deviendraient plus ou moins obliques; ce qui donnerait naissance à la disposition différente des lignes nodales sur les deux faces. L'on pourrait penser en outre que l'ébranlement étant très-petit et ayant lieu plus près d'une des faces que de l'autre, l'une des moitiés de l'épaisseur est seule ébranlée directement, l'autre moitié n'entrant en vibration que par communication; ce qui expliquerait assez bien pourquoi les mouvemens sont alternativement contraires sur les deux faces; mais en y réfléchissant, l'on voit que le phénomène dont il s'agit ne peut tenir à aucune de ces causes. D'abord, dans le cas où l'ébranlement est produit par la friction avec un morceau de drap mouillé, on ne peut pas supposer que l'une des moitiés de l'épaisseur soit seule ébranlée directement; ensuite, si l'on arrondit avec

soin l'extrémité d'une verge, et qu'on la frappe avec un petit cylindre de métal, les deux séries de lignes nodales se prononcent sur les deux faces avec la plus grande facilité; et si l'on frappe à l'autre extrémité de la verge, l'on voit que la figure produite sur l'une des faces ne change jamais : il en est de même si l'on incline le cylindre de manière à frapper plus près d'une des faces que de l'autre. En un mot, n'importe comme on s'y prenne, chacune des faces conserve toujours la même disposition de lignes nodales, par conséquent la même espèce de mouvement.

L'on peut se demander si ces lignes que forme le sable sont bien le résultat d'un mouvement longitudinal, si elles ne pourraient pas dépendre d'une autre cause? Le mouvement, quel qu'il soit, paraît bien avoir lieu dans le sens de la longueur; car, si l'on place horizontalement sur une suite de supports la verge qu'on examine, leur présence n'influe en rien sur la disposition des lignes nodales; ce qui suffit pour indiquer que les ondes longitudinales ne sont accompagnées d'aucun mouvement transversal auquel l'on pourrait attribuer l'existence des nœuds dont il s'agit. D'ailleurs les mouvemens de glissement du sable indiquent bien qu'ils ne peuvent dépendre que de contractions et de dilatations qui ont lieu dans le sens de la longueur. Mais ne pourrait-on pas penser que le mouvement qui les produit est analogue, par exemple, à celui qui existerait dans un cylindre placé verticalement, dont l'extrémité inférieure reposerait sur un corps immobile, tandis que l'extrémité supérieure serait chargée d'un poids? L'on conçoit que, dans ce cas, la longueur totale du cylindre pourrait

présenter, dans le sens diamétral, un ou plusieurs renflemens séparés par des points où le diamètre ne serait pas changé, qui seraient comme des plans immobiles perpendiculaires aux arêtes du cylindre; et que par conséquent le sable pourrait se réunir dans les endroits qui leur correspondraient. Mais si l'on peut admettre la coexistence de cette espèce de mouvement avec les ondes longitudinales, comment, dans cette supposition, rendre raison de la disposition différente des lignes nodales sur les deux faces de la même verge?

Maintenant faisons produire le son 2 à la même lame de verre que nous venons d'examiner : le nombre des lignes tracées par le sable devient plus considérable; par conséquent l'espace qu'elles laissent entre elles est moins grand : elles sont disposées comme le représente la fig. 10e. C'est entre N et N' et entre n et n' qu'on peut poser les doigts sans que le son ait de la peine à se produire. Après avoir marqué la place occupée par les nœuds, si l'on retourne la verge de manière à voir ce qui se passe sur la seconde face, on observe, comme pour le son 1, que les lignes formées par le sable sont différemment disposées sur les deux faces de la lame. Pour le son 1, le sable formait onze lignes nodales, et pour le son 2, il en forme dix-huit; mais il est à remarquer que si la verge était plus mince ou plus épaisse, le nombre de ces lignes serait changé : ainsi, par exemple, une verge de verre de $0^{m},70$ de longueur, de $0^{m},015$ de largeur et de $0^{m},003$ d'épaisseur, donne dix lignes nodales pour le son 1, et seulement quatorze pour le son 2.

Si nous faisons produire le son 3, toujours à notre

première lame, le nombre des lignes formées par le sable deviendra encore plus considérable; mais pour faire cette expérience, comme on est obligé de frotter avec un morceau de drap une certaine partie de la longueur de la verge, par exemple, depuis *N′* jusqu'en *N″*, fig. 3e, il est difficile de compter les lignes que forme le sable, et souvent elles se prononcent peu nettement, surtout dans les environs de *N*, *N′*, *N″*. Le son 4 présente des difficultés encore plus grandes. J'ai seulement pu m'assurer que le nombre des nœuds devenait toujours de plus en plus grand à mesure que le son devenait plus aigu, et que constamment la disposition des lignes tracées par le sable était différente sur les deux faces de la verge.

§ IV.

Maintenant, si nous prenons une autre verge qui ait les mêmes dimensions que la précédente, à l'exception de l'épaisseur que nous supposerons doublée, cette nouvelle verge donnera pour le mode de mouvement le plus simple, c'est-à-dire, quand les doigts seront placés environ au milieu de la longueur, un son qui sera absolument le même que celui de la lame plus mince supposée ébranlée de la même manière; mais si l'on recouvre de sable la lame plus épaisse, le nombre des lignes nodales qu'elle présentera sera moins considérable que celui de la verge plus mince; par conséquent l'espace que ces lignes laisseront entre elles sera plus grand; il sera à celui que les nœuds de la verge mince laissent entre eux, à-peu-près comme deux est à trois.

Cette différence dans le nombre des lignes nodales

que présentent ces deux verges d'inégale épaisseur, dont le son est d'ailleurs le même, semble indiquer la coexistence de deux mouvemens différens, dans les lames qui vibrent longitudinalement; car, pour que le son soit le même, il faut qu'il y ait d'abord un mode de mouvement pareil dans les deux verges, ce qui paraît être, vu cette circonstance que le milieu de la longueur est dans toutes deux le seul point qu'on puisse toucher sans empêcher le son de se produire; et ce mouvement est sans doute analogue aux vibrations longitudinales de l'air : ensuite il faut qu'il y ait une autre espèce de mouvement qui peut être influencée par les différences d'épaisseur, et, comme nous le verrons bientôt, par les différences de largeur; circonstances qui n'influent pas sur le premier mouvement.

Pendant qu'on fait vibrer une verge, si l'on prête attention, l'on sent qu'il se produit, à l'endroit où on la touche, et que nous supposons toujours être à-peu-près le milieu de la longueur, un changement d'épaisseur, une expansion assez considérable qui paraît être occasionée par les condensations apportées par les ondes directes et par les ondes rétrogrades. Comme ce phénomène est plus sensible dans les lames épaisses que dans celles qui sont minces, c'est là la raison pour laquelle j'en parle ici; car il est commun à toutes les verges, de quelque forme et de quelque substance qu'elles soient. Cette expansion établit une différence entre les vibrations longitudinales des corps solides et celles de l'air; car ces dernières ne se faisant que dans des tubes, leurs parois résistantes s'opposent à ce que la colonne d'air vibrante augmente de volume dans le sens perpen-

diculaire à l'axe : tandis qu'au contraire rien n'empêche les verges d'augmenter d'épaisseur dans les endroits où se font les condensations. Cette expansion a sans doute une influence notable sur la longueur des ondes et sur la vitesse de propagation du son.

§ V.

La disposition des lignes nodales rectilignes et parallèles est particulière aux verges dont la largeur n'excède pas 15 à 20 millimètres : à mesure que cette dimension augmente, ces lignes se distordent. Par exemple, si l'on prend une verge de $0^m,04$ de largeur (les autres dimensions restant les mêmes que celles de la première verge que nous avons examinée), on observe un phénomène extrêmement remarquable, il se produit une double série de lignes nodales dans le sens de la largeur, comme le représente le n° 1 de la fig. 11e; et si l'on retourne la lame de manière à voir ce qui se passe sur la face opposée à celle qu'on avait d'abord examinée, l'on voit que les lignes tracées par le sable ne correspondent pas sur cette seconde face à celles de la première (*voyez* le n° 2 de la fig. 11e); mais qu'elles répondent, comme dans les expériences précédentes, au milieu de l'intervalle qui existe entre les nœuds de la première face : ainsi il existe quatre séries de mouvemens, deux dans le sens de la largeur et deux dans le sens de l'épaisseur. Si l'on augmente encore la largeur de la verge, par exemple, si on la porte à 5 ou 6 centimètres, les autres dimensions restant toujours les mêmes que dans notre première lame, il se produit alors sur une même face trois séries de mouvemens, comme le représente le n° 1 de la fig. 12e; et

la seconde face (*voyez* le n° 2 de la même figure) offre encore trois autres séries de mouvemens, mais toujours en sens contraire des premiers, de manière que, n'importe la largeur des verges, les deux moitiés de l'épaisseur ont chacune un mouvement qui leur est propre.

L'on peut ensuite augmenter la largeur des lames jusqu'à en former des plaques carrées; elles ne présentent jamais plus de trois séries de mouvemens sur une même face : il en est de même des plaques circulaires, triangulaires ou de toute autre forme. (*Voyez* fig. 13e, nos 1 et 2; fig. 14e, nos 1 et 2; fig. 15e, nos 1 et 2.

§ VI.

L'on peut répéter toutes les expériences précédentes en unissant à un corps en vibration les verges qu'on veut examiner; et, comme nous allons le voir, quelle que soit leur longueur, les lignes nodales qu'elles offrent deviennent, conjointement avec les mouvemens du sable, un excellent moyen pour reconnaître les vibrations longitudinales par-tout où elles se rencontrent. On peut, à cet effet, employer l'appareil représenté fig. 16e; il consiste en une règle de bois *B*, d'environ un mètre de longueur, de 5 ou 6 centimètres de largeur, à l'extrémité de laquelle est pratiquée une rainure destinée à recevoir une verge de verre *A'*, longue d'environ un décimètre, à laquelle on unit avec du mastic une seconde verge *A*, placée parallèlement à la règle de bois : quand on ébranle avec un archet la verge *A'*, *A* est traversé par des ondes longitudinales qui s'accompagnent d'un certain nombre de lignes nodales dont la disposition

est déterminée par la largeur et par l'épaisseur de la verge, mais dont l'écartement varie selon que le son donné par *A'* est plus ou moins grave.

L'on peut ensuite substituer à la verge *A* un tube de verre dans lequel on a préalablement introduit un liquide quelconque, jusqu'à ce qu'il soit rempli à-peu-près à moitié : l'appareil étant placé horizontalement, quand on ébranle la verge *A'*, le liquide est agité dans les points de son étendue qui correspondent aux parties qui oscillent, et il reste en repos dans ceux qui correspondent aux nœuds de vibration. Le mercure est le liquide qui convient le mieux pour faire cette expérience.

Enfin, pour examiner les vibrations longitudinales excitées par communication, l'on peut encore faire usage de l'appareil représenté fig. 17[e] : il consiste en une règle de bois *B*, à l'une des extrémités de laquelle est fixé un vase de verre *A'* auquel on unit avec du mastic la verge dont on veut examiner le mode de mouvement, et dont l'extrémité libre est soutenue par un support *c*. Il est nécessaire que la direction de la verge soit perpendiculaire à l'axe du vase. Quand on promène un archet sur le bord de celui-ci, il se produit un son, et les mouvemens se communiquent à la verge *A*, qui entre aussi en vibration et qui présente un plus ou moins grand nombre de lignes nodales, selon qu'elle est plus ou moins épaisse, et selon que le son donné par le vase est plus ou moins grave : le nombre en étant d'autant plus considérable que le son est plus aigu, et que les verges sont plus minces. Enfin, les lignes tracées par le sable sont rectilignes ou courbes, ou elles forment une

double série dans le sens de la largeur ou une triple série ; ce qui dépend entièrement du rapport de la largeur avec les autres dimensions. On observe ici, de même que par l'ébranlement direct, que les lignes nodales qui se forment sur les deux faces de la verge ne se correspondent pas, et qu'en général celles d'une face répondent au milieu de l'intervalle qui sépare celles de la face opposée. Cet appareil est beaucoup plus commode que le précédent, parce qu'on peut avec la plus grande facilité obtenir du vase des sons différens, en y versant des quantités variables de liquide, tandis qu'avec l'appareil précédent, pour obtenir des sons différens, il faut mettre des curseurs à la verge *A'* ; ce qui nécessite des tâtonnemens fort longs pour obtenir le son qu'on desire. Quand on veut examiner les deux faces de la verge, il faut renverser l'appareil, de manière à tourner en bas la concavité du vase.

Si l'on met une certaine quantité d'eau dans le verre, l'intervalle qui sépare les nouvelles lignes nodales devient de plus en plus grand à mesure que le son produit est plus grave, et l'on observe constamment, quand on tire du vase deux sons qui sont entre eux à l'octave, que l'espace qui existe entre les nœuds que présente la verge est, pour le son le plus aigu, les deux tiers de l'espace qui existe entre les nœuds formés à l'occasion du son le plus grave.

Si la verge qui est unie au vase est très-courte, elle n'offre aucune ligne nodale ; mais les mouvemens du sable dont on la recouvre indiquent que les vibrations y sont longitudinales : si l'on augmente la longueur sans changer les autres dimensions, il se produit une ou

plusieurs lignes nodales ; si la longueur est assez considérable pour que le son de la verge ébranlée séparément soit le même que celui du vase, l'on remarque que la disposition des lignes nodales est la même que quand l'ébranlement a lieu directement. Pour faire cette expérience, il faut employer plusieurs verges de même largeur et de même épaisseur, mais dont les longueurs soient seules variables ; on les fixe successivement au même vase, et comme leur présence influe diversement sur le son que celui-ci rend, il faut toujours le ramener au même son en y versant ou en ôtant une certaine quantité de liquide : avant de changer les verges, on doit noter la position des lignes nodales par un procédé quelconque : alors on observe que les plus courtes verges ont le même mode de mouvement que les plus longues considérées seulement jusqu'à une distance du vase qui soit égale à la longueur des plus courtes. Cette expérience pourrait devenir très-importante par rapport à la détermination de la vitesse de transmission du son par les corps solides : elle confirme ce qu'a avancé M. Chladni, que puisque le son est propagé par une étendue d'air libre dans le même temps qu'une colonne d'air de même longueur fait une vibration, il doit en être de même pour les substances solides ; et que par conséquent une verge qui propage le même son qu'elle rendrait elle-même si on l'ébranlait directement, doit, dans les deux cas, vibrer de la même manière : en effet, comme nous venons de le dire, le mouvement est sensiblement le même, puisque la disposition des lignes nodales n'est pas changée.

Les verges larges ébranlées ainsi par communication

offrent quelques phénomènes dignes de remarque. De même que quand l'ébranlement est direct, elles sont le siége de deux ou trois séries de lignes nodales dans le sens de la largeur : ces lignes sont extrêmement régulières, quand on ne considère que celles qui sont déjà un peu éloignées du vase. En général, celle qui est voisine du point de l'ébranlement est très-irrégulière; ce qui paraît tenir au mode même de cet ébranlement; car on n'observe pas que cette première ligne diffère des autres quand le mouvement est excité, par exemple, par un simple choc. Si l'on fait monter ou baisser le son que donne le vase, à l'occasion d'une différence très-légère dans la gravité ou l'acuité, tantôt les deux ou les trois séries de lignes nodales se prononcent, tantôt il n'en existe qu'une seule : dans ce dernier cas, les nœuds sont rectilignes et parallèles, et la distance qui existe entre eux est beaucoup moindre, presque pour le même son, que quand la série est double ou triple.

Dans toutes ces expériences, le son du vase est sensiblement renforcé par les vibrations longitudinales des verges qui lui sont unies, et cela d'autant plus que les dimensions de celles-ci sont plus considérables.

Un autre phénomène fort singulier qu'on peut encore facilement observer avec ce dernier appareil, et qui se présente souvent dans les cas de vibrations longitudinales communiquées, c'est que la série des lignes nodales d'une des faces passe quelquefois sur la face opposée, et réciproquement : une différence très-légère et souvent inappréciable dans le ton obtenu suffit pour produire cet effet, qu'on n'observe jamais dans les lames libres, comme nous l'avons dit plus haut : ce qui dépend sans

doute de ce qu'elles rendent le même ton constamment.
A ce sujet, je remarquerai que, dans les verges libres qui offrent une distribution de lignes nodales non symétriques dans les deux moitiés de la longueur (*voyez* fig. 6e), on observe, si l'on fait produire le son 2 à une verge de cette espèce, qu'en même temps que le nombre des lignes nodales augmente, le mode de division d'une des faces passe sur la face opposée, et réciproquement, de manière que l'extrémité *A* de la verge, qui pour le son 1 offrait une partie vibrante plus longue que celle qu'on observe en *A'*, en offre, au contraire, une plus courte en *A* et une plus longue en *A'*; tandis que c'est l'inverse sur la face opposée. Si l'on tire de la verge le son 3, le mode de mouvement de chaque face passera de nouveau sur la face opposée, de manière que, comme pour le son 1, l'extrémité *A* offrira la partie vibrante la plus longue et l'extrémité *A'* la plus courte. Pour le son 4, le changement aura encore lieu; la plus courte partie se trouvera vers l'extrémité *A*, et la plus longue vers l'extrémité *A'*, de même que pour le son 2 : ce sera toujours l'inverse sur la face opposée. J'ai fait cette expérience sur une verge de verre qui avait 7 millimètres d'épaisseur et plus de 2 mètres de longueur; je ne saurais affirmer si les phénomènes qu'elle m'a présentés sont constans pour toutes les verges ébranlées longitudinalement.

Les faits que je viens d'exposer sont si compliqués, si éloignés de tout ce qu'on a dit jusqu'à présent sur les vibrations longitudinales des corps solides, que je n'entreprendrai pas d'en donner l'explication : conduit par hasard à les examiner en m'occupant de la communi-

cation des mouvemens vibratoires, je les présente seulement comme des phénomènes très-curieux et inconnus jusqu'ici, qui demanderaient, avant qu'on pût entreprendre d'expliquer la cause qui les produit, à être étudiés avec beaucoup plus de soin et de détails que je n'ai pu le faire, n'ayant pas à ma disposition toutes les choses nécessaires pour de pareilles recherches.

Ce qui nous importe le plus pour le sujet que nous traitons, c'est que ces expériences nous fournissent un moyen sûr pour distinguer les vibrations longitudinales de celles qui sont transversales, en ce que, dans les premières, la disposition des lignes nodales n'est jamais la même sur les deux faces du corps qui oscille. Ainsi, cette circonstance, conjointement avec les mouvemens du sable, formeront les caractères à l'aide desquels nous pourrons, dans la section suivante, reconnaître l'espèce de vibrations dont un corps sera le siége.

SECTION II.

La communication des mouvemens vibratoires est un phénomène qui le plus souvent est très-compliqué, et dont il serait, dans beaucoup de cas qui se passent journellement à l'entour de nous, fort difficile, pour ne pas dire impossible, de donner une explication satisfaisante. C'est pourquoi il m'a paru qu'il serait avantageux d'étudier ce qui arrive dans les cas les plus simples, les moins exempts de complications : en conséquence j'ai choisi le cas de deux verges placées perpendiculairement entre elles, et dont l'une des deux est seule ébranlée directement.

Comme nous allons le voir, deux verges supposées dans ces circonstances peuvent offrir huit cas différens de communication des mouvemens vibratoires : nous les examinerons successivement, en cherchant à bien déterminer l'espèce des mouvemens transmis, de manière qu'à l'aide de ces données, on puisse arriver à prévoir ce qui devra se passer entre deux ou un plus grand nombre de corps placés perpendiculairement entre eux ; et dont l'un est seul ébranlé directement.

§ Ier.

Quand deux verges minces sont réunies de manière que l'une des deux tombe perpendiculairement sur l'un des points de l'autre, destiné à être le milieu d'une partie vibrante ; si l'on excite des vibrations transversales dans cette dernière, la première deviendra le siége d'ondes longitudinales.

L'on peut se convaincre de la vérité de cette proposition à l'aide d'un appareil très-simple représenté fig. 18. Il consiste en une verge de verre *A* placée sur une règle de bois *B*, qui porte deux petits tasseaux *c*, *c'*, destinés à séparer la règle et la verge, et à indiquer les nœuds de vibration de celle-ci ; ensuite en une seconde verge de verre plus courte et unie à la première, de façon qu'elle lui soit perpendiculaire et qu'elle repose sur une partie vibrante. Si l'on tient l'appareil verticalement et qu'on ébranle avec un archet la première de ces verges *A*, on pourra voir, en recouvrant la seconde *A'* avec du sable, qu'elle est le siége de vibratitions longitudinales : le sable courra sur la verge dans

le sens de sa longueur, sans se séparer de la surface sur laquelle il reposera. Il formera une ou plusieurs lignes nodales selon que la longueur de *A'* sera plus ou moins considérable; et ce qui établira d'une manière non douteuse que les vibrations sont longitudinales, c'est que la disposition de ces lignes nodales sera différente sur les deux faces de la verge *A'*.

Il est facile de concevoir qu'à chaque oscillation, la verge *A*, primitivement ébranlée, communique à celle qui lui est perpendiculaire *A'* un mouvement qui s'étend jusqu'à une certaine distance, et qui y produit une onde d'une longueur déterminée, comme une surface plane vibrante placée perpendiculairement à l'orifice d'un tube rempli d'air exciterait dans ce fluide des ondes longitudinales. La verge *A* peut être considérée comme un corps quelconque, à l'aide duquel on exercerait à l'extrémité de *A'* une suite de chocs; et comme nous l'avons vu dans la section précédente, il résulte toujours des vibrations longitudinales de ce mode d'ébranlement, lorsqu'il est pratiqué à l'extrémité d'une lame mince.

§ II.

Quand deux verges sont réunies de manière que l'une des deux tombe perpendiculairement sur l'un des points de l'autre, destiné à être le milieu d'une partie vibrante, si l'on excite des ondes longitudinales dans la première, la seconde deviendra le siége de vibrations transversales.

Cette proposition est la réciproque de la précédente: on peut la prouver en se servant de l'appareil décrit plus

haut, et représenté fig. 18e : en place de le tenir verticalement, il faut lui donner une direction horizontale, recouvrir la grande verge *A* avec du sable, et exciter des ondes longitudinales dans la petite *A'*, en promenant sur une de ses faces un doigt mouillé; alors la verge *A* rend le même son que quand on l'ébranle avec un archet, et l'on voit que le sable dont elle est recouverte saute perpendiculairement à la surface sur laquelle il repose.

Ainsi, le mode de mouvement des deux verges, pour cette proposition comme pour la précédente, peut être représenté en général par la fig. 19e.

Il se présente ici une question très-difficile à résoudre: comment se fait-il que des vibrations longitudinales excitées dans une verge très-courte, vibrations dont le nombre doit être très-considérable dans un temps donné, et qui devraient produire un son extrêmement aigu, puissent provoquer l'existence de vibrations transversales beaucoup plus lentes?

Les circonstances qui accompagnent cette expérience pourront peut-être jeter quelque jour sur un phénomène si singulier : si l'on place verticalement l'appareil représenté fig. 18e, et qu'on excite des vibrations transversales dans la verge *A*, nous avons vu, dans le paragraphe précédent, que la petite verge *A'* devenait le siége de vibrations longitudinales; si l'on tient compte de la disposition des lignes nodales formées par le sable, on remarque que quand on ébranle directement la petite verge *A'* dans le sens longitudinal, ces lignes prennent le même arrangement que dans le premier cas : l'on pourrait donc penser que la première série d'ondes excitées

directement, arrivant contre la grande verge *A*, est pour elle un mode d'ébranlement quelconque, une espèce d'archet qui la détermine à osciller suivant que le comportent ses dimensions, et qu'aussitôt qu'elle est en jeu, elle réagit sur la petite verge *A'*, qui devient alors le siége d'ondes dont la longueur est déterminée par l'espace que le son parcourt pendant le temps que dure une des vibrations de la grande verge *A*; ce qui supposerait par conséquent que *A'* vibrerait toujours à l'unisson avec *A*, quelque différentes que fussent les dimensions de ces deux corps.

Voici une expérience qui rend cette hypothèse très-vraisemblable : si l'on unit successivement à *A* deux verges de différentes longueurs, dont la plus longue, étant isolée, soit susceptible de rendre, quand on l'ébranle longitudinalement, un son aussi grave que celui de la verge *A*, on observe, comme nous l'avons déjà vu dans le paragraphe 6e de la section précédente, que les vibrations de *A* déterminent la verge qui lui est unie à prendre sensiblement le même mouvement qu'elle prenait quand on l'ébranlait isolément; car la disposition des lignes nodales est la même dans les deux cas : ensuite, si l'on unit à *A* une verge plus courte que la précédente, mais de même largeur et de même épaisseur, on a lieu de voir que ces deux verges sont traversées par des ondes longitudinales dont la période est la même dans chacune d'elles; car, si l'on place ces deux lames à côté l'une de l'autre, après les avoir fait vibrer, les lignes nodales qui ont été tracées par le sable ont la même disposition dans toutes deux; c'est-à-dire, qu'à l'instant où elle vibre, si l'on supposait la grande verge

coupée à une distance du point de l'ébranlement, égale à la longueur de la plus petite, elle présenterait la même disposition de lignes nodales que celle-ci.

Ainsi, l'on pourrait penser que, dans notre première expérience, de même que dans celle-ci, les deux corps s'arrangent toujours pour produire le même nombre de vibrations, puisque *A'* prend un mouvement beaucoup plus lent que celui qu'il avait quand on l'ébranlait isolément.

L'expérience suivante vient encore à l'appui de ce que j'avance : prenons une verge de verre d'environ $0^m,70$ de longueur; examinons le son qu'elle rend quand on l'ébranle longitudinalement pour produire le son 2, et tenons compte de la disposition des lignes nodales qui s'y forment; plaçons-la ensuite sur deux verges de verre *A'*, *A''* (fig. 20), qui lui soient perpendiculaires et unies avec du mastic, de telle sorte que les extrémités de *A'*, *A''* touchent *A* justement dans les points où doivent exister les nœuds donnés par les vibrations longitudinales, points qu'on peut toucher sans altérer le son que rend la verge : les extrémités inférieures de *A'*, *A''* sont fixées dans une règle *B* de bois qui les rend immobiles. Si l'on recouvre *A* avec du sable, et qu'ensuite on y excite des vibrations longitudinales en la frottant avec un morceau de drap, on observe que le son obtenu est beaucoup plus grave qu'il ne l'était quand *A* était isolé, et que le nombre des lignes nodales est diminué de beaucoup, par conséquent que l'intervalle qui les sépare est plus considérable. Dans cette expérience, le son obtenu est celui que donnent les verges *A'*, *A''* quand on les ébranle transversalement avec un

archet ; et, comme on le voit, *A*, ébranlé longitudinalement, fait les fonctions d'archet, et pour cela il est obligé d'exécuter des vibrations longitudinales beaucoup plus lentes que celles qu'il exécutait lorsqu'on le faisait vibrer isolément. La longueur plus ou moins considérable des verges *A'*, *A''* rend le son plus ou moins grave ; il en est de même de leur épaisseur. Dans l'appareil que j'ai fait pour exécuter cette expérience, le son 2 de *A* isolé était si_9, et le nombre des lignes nodales était de quatorze : quand *A* était uni à *A'*, *A''*, le son obtenu n'était plus que mi_5, et le nombre des lignes formées par le sable était réduit à deux ; leur disposition était différente sur les deux faces de la verge *A*, les nœuds d'une face correspondant à-peu-près au milieu de la distance qui existait entre les deux lignes nodales de l'autre face.

On doit à M. Blanc une expérience fort intéressante qui se rapporte au cas de transmission dont nous nous occupons ici, et dont les phénomènes tiennent sans doute à la même cause. L'appareil nécessaire pour la faire consiste dans un grand verre à pied, sur le bord duquel on fixe un tube très-mince perpendiculairement à l'axe du vase : quand on promène le doigt le long de ce tube, il entre en vibration, et le mouvement se communique au vase, qui rend alors un son très-pur. Pour reconnaître quelle était l'espèce de mouvement qui existait dans ce petit tube, j'y substituai une petite lame de verre mince et étroite, longue d'environ un décimètre ; elle était disposée de manière qu'une de ses faces regardait en bas et l'autre en haut, en sorte qu'on pouvait recouvrir cette dernière avec du sable, et exciter

l'ébranlement en promenant la pulpe du doigt sur la face opposée. Par ce moyen, j'ai pu voir que cette petite verge était le siége de vibrations longitudinales très-prononcées. Si l'on met de l'eau dans le verre, la surface du liquide se couvre de rides qui indiquent en combien de parties la circonférence du vase s'est partagée, et on observe qu'en général elle se divise en quatre parties vibrantes, à moins que par quelque obstacle on ne la force à prendre un mode de division différent et plus élevé. Si l'on promène un archet sur le bord du vase, la verge étant recouverte de sable, on voit qu'elle exécute les mêmes mouvemens que si on l'eût ébranlée directement. Dans cette expérience, on observe, de même que dans celle où deux verges sont perpendiculaires entre elles, que le point de contact des deux corps est toujours une partie vibrante. Il se présente cependant une exception à faire : s'il arrivait que la verge correspondît à un nœud de vibration du vase, elle pourrait se diviser en deux parties vibrantes séparées par une ligne nodale qui régnerait dans toute la longueur de la lame ; mais alors le mouvement ne serait plus longitudinal : ce cas rentre dans un de ceux que nous examinerons plus loin.

Dans cette expérience de M. Blanc, le petit tube paraît être le siége d'ondes longitudinales dont la période est égale à celle des oscillations du vase ; car, si l'on prend une petite lame de verre, de 2 ou 3 décimètres de longueur, dont le son soit de plusieurs octaves plus aigu que celui du vase ; qu'on tienne compte de la disposition des lignes nodales qu'elle présente lorsqu'on l'ébranle isolément, et qu'ensuite on l'unisse au vase de

telle manière qu'elle repose, par le milieu de sa longueur, sur le bord de celui-ci, ainsi que le représente la figure 21ᵉ : quand on l'ébranlera par son extrémité qui fait saillie hors du vase, elle déterminera celui-ci à osciller; et si on la recouvre de sable, les lignes nodales qu'il formera seront beaucoup plus écartées qu'elles ne l'étaient quand la lame était ébranlée isolément.

Pour achever de montrer que la période des oscillations doit être la même dans une petite verge qui exécute des vibrations longitudinales, que dans le corps auquel elle est unie, on peut faire une expérience très-simple qui semble entraîner la conviction après elle; pour cela, prenons l'appareil représenté fig. 18ᵉ, et ajoutons-y, à l'extrémité de A', une verge pareille en tout à A, et qui lui soit parallèle, comme on le voit fig. 22ᵉ : si l'on produit des vibrations transversales en A, à l'aide d'un archet, le mouvement, en se communiquant à A', deviendra longitudinal; et il redeviendra transversal en passant en a. Si les dimensions de A sont exactement les mêmes que celles de a, ces deux verges produiront toujours la même figure quand on les recouvrira de sable, A étant seul ébranlé directement, quel que soit d'ailleurs le son qu'on en tirera. Il faut donc que A' communique fidèlement le nombre des oscillations de A à la verge a, sans quoi celle-ci pourrait affecter un mouvement quelconque tout-à-fait différent de celui de A, puisque rien ne la contraint à prendre tel mode de division plutôt que tel autre; ce qui suppose dans A' un nombre d'oscillations beaucoup moindre, dans un temps donné, que celui que cette verge

exécuterait si elle était isolée; et ce qui suppose ce nombre égal à celui des oscillations de *A*.

L'on doit encore à M. Blanc une expérience qui se rattache au cas de transmission que nous examinons maintenant : elle consiste à unir à une plaque circulaire un tube de verre, disposé de manière qu'il soit perpendiculaire aux faces de cette plaque, et qu'il ne la touche qu'à son centre. L'appareil étant ainsi disposé, lorsqu'on promène, le long du tube, un morceau de drap mouillé, il se produit un son qui est le résultat de vibrations longitudinales dans le tube, et d'oscillations transversales dans la plaque : si l'on donne à celle-ci une direction horizontale, et qu'on la recouvre avec du sable, elle produit des figures très-régulières dont le caractère principal est de ne présenter jamais de lignes nodales diamétrales; ce dont on conçoit facilement la raison; car le mouvement étant communiqué au centre même du disque, il est impossible qu'il passe aucun nœud par ce point.

L'on peut obtenir des sons très-agréables et très-forts de la table résonnante d'un instrument de musique en y fixant un tube de verre, qu'on ébranle ensuite longitudinalement en le frottant avec un morceau de drap mouillé, ou simplement avec les doigts préalablement trempés dans de l'eau. Il ne serait pas difficile de construire ainsi un instrument nouveau qui ne laisserait pas d'être très-agréable, les sons obtenus par ce procédé ayant beaucoup d'analogie avec ceux du cor. La longueur et le diamètre plus ou moins considérables des tubes n'influe pas sensiblement sur la gravité ou sur l'acuité des sons qu'on peut tirer ainsi d'une table mince de bois;

de manière qu'on croirait d'abord que, pour obtenir des sons différens, il faudrait recourir à une table résonnante particulière pour chaque tube; mais l'expérience fait voir qu'on pourrait les fixer tous à la même table, pourvu qu'elle offrît, dans son épaisseur, des variations notables, et qu'elle fût assez étendue pour qu'on pût laisser à l'entour de chaque tube un espace libre assez considérable. Je me suis assuré qu'un même tube, fixé successivement dans différens points de l'étendue d'une table de violon, donnait des sons tout-à-fait différens; mais que quand on en fixait plusieurs à côté et très-près les uns des autres, ils rendaient tous le même son, surtout lorsqu'on les ébranlait successivement, en passant rapidement de l'un à l'autre. Il est probable que, dans cette expérience, l'ébranlement communiqué par un tube unique ne s'étend pas (au moins sensiblement) à toute l'étendue de la table, et qu'alors celle-ci donne le son que comporte l'épaisseur qu'elle a dans le point où elle est agitée : au contraire, quand plusieurs tubes placés à côté les uns des autres sont mis en jeu presque en même temps, il est probable que la table entière participe à l'ébranlement, et ainsi elle doit toujours rendre le même son.

§ III.

Quand deux verges minces sont réunies de manière que l'une des deux tombe perpendiculairement sur l'un quelconque des points de l'étendue de l'autre, si l'on excite des ondes longitudinales dans la seconde, la première deviendra le siége de vibrations transversales.

L'appareil représenté fig. 23e convient très-bien pour

prouver cette proposition ; il consiste en une règle de bois *B* à l'une des extrémités de laquelle est pratiquée une rainure *R* dont la direction est perpendiculaire aux faces de la règle : elle est destinée à recevoir une verge de verre *C*, qui porte une seconde verge *A* disposée parallèlement à la règle de bois. Dans un des points quelconques de l'étendue de cette verge, on fixe perpendiculairement à sa surface la lame dont on veut examiner le mode de mouvement, *A'*. L'appareil étant tenu verticalement, quand on ébranle avec un archet la verge *C*, dont l'extrémité est enfoncée dans la rainure, *A* devient le siége d'ondes longitudinales ; *A'*, qui est en expérience et qui est alors horizontal, devient le siége de vibrations transversales ; ce qu'on peut toujours reconnaître à la direction des mouvemens du sable.

L'on peut faire cette expérience d'une manière encore plus simple sur une verge très-longue, vers l'une des extrémités de laquelle on fixe avec du mastic, et perpendiculairement à sa surface, une petite verge dont le poids peu considérable ne peut pas par sa présence influer sensiblement sur les mouvemens de la grande verge : alors celle-ci étant tenue dans une direction verticale, quand on y produit des vibrations longitudinales, la petite verge en exécute de transversales, ainsi qu'on peut s'en convaincre en la recouvrant de sable ; car les lignes nodales qu'il forme occupent sur les deux faces de la lame absolument la même position : d'ailleurs les mouvemens dont le sable est agité indiquent bien que les vibrations ne sont pas longitudinales. La cause de ce phénomène est facile à découvrir : l'on conçoit en effet que le passage de chaque onde doit occasioner, à l'extré-

mité de la verge qui est perpendiculaire, un petit mouvement qui est transversal pour elle, et alternativement en sens contraire; ce qui doit par conséquent y exciter des vibrations qui se font dans le même sens, et dont la période doit être la même que celle des ondes.

Il est à remarquer que *A'* prend toujours un mode de mouvement analogue à celui d'une verge libre par ses deux extrémités; ce qui n'est pas étonnant, puisque l'une de ces extrémités est libre en effet, et que l'autre étant le point même de l'ébranlement, il est impossible qu'elle soit immobile.

Dans cette expérience, la direction des vibrations des deux verges peut, en général, être représentée par la fig. 24[e], où la disposition des lignes nodales de *A'* est indiquée en *N*, *N'*; et, comme on le voit, elle est analogue à celle d'une verge libre aux deux extrémités, pour le mode de vibration le plus grave qu'elle puisse produire, dans lequel une partie vibrante située entre deux nœuds est à-peu-près le double d'une partie située à une extrémité.

§ IV.

Quand deux verges minces sont réunies de manière que l'une des deux tombe perpendiculairement sur l'un des points quelconque de l'étendue de l'autre, si l'on excite des vibrations transversales dans la première, la seconde deviendra le siége de vibrations longitudinales.

Cette proposition est la réciproque de la précédente: on peut faire diverses expériences pour en démontrer la vérité. L'appareil qui est représenté fig. 18[e] convient très-bien pour atteindre ce but; seulement il faut que

la petite verge *A'* soit extrêmement courte et très-mince. (*Voyez* fig. 25e.) On place l'appareil horizontalement, et après avoir recouvert la grande verge *A* avec du sable, on observe, tant par la disposition des lignes nodales différemment placées sur les deux faces de la lame, tant par la direction des mouvemens du sable, que les vibrations sont longitudinales en *A*, quand, à l'aide d'un archet, on en produit de transversales en *A'*.

Dans cette expérience, *A'* vibre comme une verge libre par ses deux extrémités : au moins c'est ce que semble indiquer la série des sons qu'on peut en obtenir, le plus grave pouvant être représenté par sol^{*}_{2}, et le second par re_{4}. (CHLADNI, *Acoust.*, pag. 95.)

Si, par le moyen d'une tige qui leur soit perpendiculaire, l'on unit deux verges placées parallèlement entre elles, *voyez* fig. 26e; quand on excitera des vibrations transversales dans la tige *A'*, les deux verges *A a* en produiront de longitudinales : les deux faces par lesquelles elles sont unies à *A'* prendront constamment le même mode de mouvement, et les nœuds qu'elles présenteront correspondront au milieu de la distance qui existe entre les nœuds des faces opposées. Il paraît qu'ici la tige *A* a un mouvement analogue à celui que peut prendre une verge dont les deux extrémités sont simplement appuyées; car la série des sons dont elle est susceptible est la même que pour une verge placée dans ces circonstances : le premier son étant désigné par fa^{*}_{1}, le second peut l'être par fa^{*}_{3}. (CHLADNI, *Acoustique*, pag. 96.)

L'on peut encore faire cette expérience en unissant deux plaques circulaires, ou autres, de bois ou de verre,

par le moyen d'une tige qui leur soit perpendiculaire. Si l'on excite des vibrations transversales dans cette dernière à l'aide d'un archet, les disques formeront des figures extrêmement régulières qui seront évidemment le résultat de vibrations longitudinales; car les lignes formées par le sable seront différentes sur les deux faces du même disque. Si les plaques sont rigoureusement de mêmes dimensions, et si elles sont de même matière, les faces par lesquelles elles se regardent, c'est-à-dire, par lesquelles elles sont unies à la tige, donneront toutes deux la même figure, différente de celle que produiront les deux faces opposées : celles-ci, comparées entre elles, présenteront le même mode de mouvement. Cette expérience réussit toujours également bien, quelle que soit la longueur de la tige : on peut la faire très-courte, très-épaisse, très-longue, les disques forment toujours des figures dont la régularité est surprenante, et qui varient avec les dimensions de la verge *A'*. J'ai représenté quelques-unes de ces figures, n°s 1 et 2 de la fig. 27e, n°s 1 et 2 de la fig. 28e, n°s 1 et 2 de la fig. 29e : le n° 1 représentant une des faces du disque, et le n° 2 l'autre face. Comme on le voit, plusieurs de ces figures ont beaucoup d'analogie avec quelques-unes de celles qui sont le résultat de vibrations transversales, et il ne serait pas étonnant qu'on eût quelquefois, surtout dans le cas de vibrations très-multipliées, pris pour transversal un mouvement qui était longitudinal.

Il ne serait pas facile d'expliquer clairement pourquoi les vibrations transversales de *A'* en produisent toujours de longitudinales dans la verge ou dans les verges auxquelles elle est unie : seulement il est présumable que,

par son extrémité fixée, elle exerce sur le corps auquel elle est jointe une espèce de frottement, très-petit à la vérité, mais dont les mouvemens, dirigés alternativement en sens contraire, suffisent pour le déterminer à osciller. Ceci ne paraît pas invraisemblable quand on considère que le plus léger choc exercé à l'une des extrémités d'une verge est une cause suffisante pour la déterminer à prendre un mode de mouvement longitudinal qui s'accompagne toujours de la production de figures très-régulières quand on recouvre la verge avec du sable.

Les faits contenus dans les paragraphes précédens permettent de s'élever à la proposition générale suivante : lorsque deux ou un plus grand nombre de verges sont réunies de manière à former un assemblage de lames placées rectangulairement entre elles, toutes les lames qui ont une même direction, l'horizontale ou la verticale, par exemple, affectent le même mode de mouvement; et si le mouvement est longitudinal pour les verges de l'une des deux directions, il est transversal pour toutes les autres.

Par exemple, si nous supposons qu'un certain nombre de ces lames aient une direction horizontale, les autres, devant leur être perpendiculaires, seront verticales : ainsi, d'après notre proposition, si l'on excite des vibrations transversales dans une des verges qui sont horizontales, toutes les autres lames qui ont la même direction exécuteront aussi des vibrations transversales; tandis qu'au contraire toutes les verges qui seront verticales prendront un mode de mouvement longitudinal. Mais si l'on excitait d'abord des vibrations longitudi-

nales dans une des verges horizontales, toutes les verges qui auraient cette dernière direction prendraient de même un mouvement longitudinal; tandis que toutes les lames verticales exécuteraient des oscillations transversales.

Pour rendre plus intelligible la proposition générale qui précède, et pour lui donner plus d'évidence, on peut la réaliser, si l'on peut s'exprimer ainsi, dans un appareil qui est représenté fig. 30ᵉ : il consiste d'abord en un système de verges analogue à celui qui est représenté fig. 20ᵉ. Ce système, supposé tenu dans une direction horizontale, est surmonté d'un assemblage de lames de verre dont les unes, égales entre elles et ayant de 3 à 4 décimètres de longueur, sont horizontales; tandis que les autres, beaucoup plus courtes et ne devant avoir que 3 à 4 centimètres de longueur, sont verticales et réunies aux précédentes avec du mastic. Si, par le moyen d'un drap mouillé, on excite des vibrations longitudinales vers l'une des extrémités de la verge M, qui n'est ici employée que comme une espèce d'archet, les lames A_1, A_2, A_3, etc. seront le siége d'oscillations transversales, et les lames B_1, B_2, B_3, etc. exécuteront des vibrations longitudinales. Au contraire, si l'on provoque d'abord en M l'existence de vibrations transversales, A_1, A_2, A_3, etc. produiront des vibrations longitudinales, et toutes les lames B_1, B_2, B_3, etc. seront le siége d'un mouvement transversal.

Dans le cas où les lames B_1, B_2, etc. vibrent longitudinalement les faces de celles de ces lames qui sont voisines, et qui se regardent, affectent toujours la même disposition de lignes nodales; et la face supérieure de la lame la plus éloignée du point primitivement ébranlé

offre constamment la même distribution de lignes nodales, quel que soit le nombre de verges qui composent le système; de sorte que depuis et y compris cette première lame, toutes les faces supérieures des verges de rang impair, la troisième, la cinquième, etc., présentent la même disposition de lignes tracées par le sable; tandis que les verges de rang pair, la deuxième, la quatrième, etc., ont aussi, étant également comparées entre elles, la même distribution de lignes nodales; mais cette distribution est différente de celle des lames de rang impair : le milieu de l'intervalle qui existe entre les nœuds des verges de cette dernière série correspond à-peu-près au nœud des lames de rang pair.

Pour qu'on puisse mieux saisir les phénomènes de cette expérience, j'ai représenté, dans la fig. 31e, la disposition des nœuds sur les deux faces de chaque verge : tous ceux de ces nœuds qui appartiennent à l'un des deux modes de division sont désignés par une même lettre, par *N*, les autres le sont par *n*. Ainsi, comme on le voit dans la figure, 1° les deux faces de l'une quelconque des verges sont le siége d'un mouvement dissemblable; 2° la face inférieure d'une verge a toujours le même mode de division que la face supérieure de la lame qui suit, en descendant; 3° les faces supérieures des verges 1, 3, 5 ont entre elles la même distribution de nœuds; distribution qui est différente de celle des faces supérieures des verges 2, 4, 6, dont le mouvement est d'ailleurs pareil quand on les compare entre elles.

Pour s'assurer de la position des lignes nodales sur les faces inférieures du système, il faut retourner l'appareil représenté fig. 30e, de manière que la règle de bois *B*

devienne supérieure, et que le reste de l'assemblage soit placé au-dessus ; ce qui peut s'exécuter sans inconvénient quand toutes les lames sont unies avec du mastic convenable.

Pour m'assurer que les choses se passaient toujours ainsi que je l'ai annoncé tout-à-l'heure, j'ai répété l'expérience un grand nombre de fois sur des verges de dimensions différentes ; et comme les lames qui vibrent longitudinalement n'ont pas, ainsi que nous l'avons vu, la même distribution de lignes nodales sur leurs deux faces, et que quand on les ébranle isolément, la même face présente toujours invariablement le même système de nœuds, il était important d'examiner si certains arrangemens qu'on pourrait faire subir à ces verges relativement au mode de division qu'elles affectent quand elles sont isolées, n'influeraient pas sur les résultats de l'expérience ; par exemple, si rien ne serait changé en tournant vers un même côté de l'espace celles de leurs faces qui affectent le même mouvement quand ces verges vibrent chacune en particulier : en conséquence j'ai pris plusieurs lames de mêmes dimensions, je les ai fait vibrer séparément, et après avoir reconnu par le moyen du sable, et marqué sur chacune d'elles les faces dont le mouvement était pareil, je me suis servi de ces lames pour composer un système dont toutes les faces qui avaient un mouvement semblable étaient tournées vers un même côté de l'espace : or, les résultats que j'ai obtenus étaient en tout les mêmes que ceux que j'ai cités plus haut. Ensuite j'ai interverti de plusieurs manières déterminées l'ordre que j'avais établi entre les verges : aucune de ces circonstances n'a influé sur la disposition

des lignes nodales qu'elles présentaient, et qui est, en général, pour tous les cas, représentée par la fig. 31e. Les verges de rang impair, quel qu'en fût le nombre, offraient toujours des nœuds dont la distribution était semblable pour chacune d'elles ; et celles de rang pair en offraient toujours une différente de celles des verges précédentes ; mais elle était semblable aussi pour toutes les verges de cette série. Ainsi, il n'en est pas pour les lames ébranlées par communication, de même que pour celles qui sont ébranlées directement, puisque pour celles-ci le mode de division d'une face ne peut jamais passer sur la face opposée ; tandis que pour les autres, ce changement peut se produire avec facilité.

Si le son qu'on tire de la verge *M* est plus ou moins grave, les nœuds des lames horizontales se resserrent ou s'écartent plus ou moins ; ce qui est conforme aux expériences contenues dans le paragraphe 6e de la première section.

L'on peut substituer à toutes les lames horizontales, des disques de verre ou de bois (*voyez* la fig. 32e), les phénomènes qui se produiront seront absolument les mêmes ; les faces supérieures des disques de rang impair, à compter du plus éloigné du point primitivement ébranlé, présenteront constamment le même mode de division, étant comparées entre elles ; mais ce mode de division sera différent de celui des faces supérieures des disques de rang pair, qui, comparées aussi entre elles, en auront un semblable. Comme, pour l'expérience avec les verges, le nombre des disques est indifférent, les résulats n'en sont point altérés. Les figures tracées par le sable sur les disques sont en général ana-

logues à celles qui sont représentées fig. 27e, 28e, 29e et 33e.

L'on peut aussi varier les formes et les dimensions des verges verticales A_1, A_2, etc.; si ces conducteurs ont entre eux les mêmes dimensions, les phénomènes restent les mêmes : seulement les lignes nodales s'écartent ou se rapprochent selon que ces dimensions augmentent ou diminuent. Si les dimensions des conducteurs sont différentes pour chacun d'eux, les lignes nodales qui appartiennent aux disques qui sont unis par les tiges les plus épaisses, les plus longues ou les plus lourdes, sont plus écartées que celles qui appartiennent à des verges ou à des disques unis par des tiges plus courtes, plus minces ou plus légères.

Cette dernière expérience généralise beaucoup les phénomènes de la communication du mouvement, puisqu'on peut en tirer cette conséquence, que quand deux ou un plus grand nombre de corps forment un assemblage de différentes pièces unies rectangulairement entre elles, toutes celles de ces pièces qui ont une même direction affectent le même mode de mouvement; tandis que les autres, qui sont perpendiculaires aux précédentes, exécutent des vibrations dans un sens différent; c'est-à-dire, que si le mouvement est longitudinal dans celles-ci, il sera transversal dans les autres, et réciproquement.

En place d'employer, pour exciter le mouvement, une verge disposée comme la verge M, sur des supports fixés à une règle de bois, on peut, pour plus de simplicité, fixer le système des lames rectangulaires sur une seule verge qui ait au moins un mètre de longueur, et dont l'épaisseur soit au moins de 6 ou 8 millimètres : alors

on tient cette verge par le milieu de sa longueur, et on la frotte avec un morceau de drap vers l'une de ses extrémités, tandis que le système des lames est fixé vers l'autre extrémité avec du mastic.

§ V.

Quand deux verges minces sont disposées de manière que l'une des deux tombe perpendiculairement sur l'un des points de l'autre, rendu immobile par un obstacle quelconque; si l'on excite des vibrations transversales dans la seconde, la première deviendra aussi le siége de vibrations transversales.

On peut prouver cette proposition par le moyen de l'appareil représenté fig. 18ᵉ, en observant seulement de placer *A'* sur l'un des nœuds de *A*, comme le représente la fig. 34ᵉ, où le point *N* est rendu immobile par la présence du tasseau *c*, auquel il est uni. L'instrument étant tenu dans une direction verticale, on recouvre la petite verge *A'* avec du sable; alors on voit qu'elle exécute des vibrations transversales quand on met en jeu la verge *A* par le moyen d'un archet : les lignes nodales ont la même disposition sur les deux faces de la lame.

Il est facile de concevoir que la petite verge *A'* se trouvant placée entre deux parties vibrantes, elle est balancée tantôt à droite, tantôt à gauche, et que de ce mouvement alternativement contraire il doit résulter des vibrations transversales. En effet, dans l'état de repos, l'extrémité de la verge *A'* passe par la ligne *G H*, fig. 35ᵉ, que nous pouvons considérer comme représentant *A*; et quand les oscillations ont lieu, elle passe

tantôt par la ligne courbe $G'H'$, tantôt par la ligne courbe $G''H''$, d'où il résulte que l'extrémité supérieure de A' est transportée continuellement de a en α et de α en a : ainsi, il en résulte un effet analogue à celui que produit le frottement d'un archet.

On peut encore faire cette expérience avec deux disques placés parallèlement, séparés par une tige qui leur soit perpendiculaire, et dont la forme soit un parallélipipède rectangle : quand on excitera dans l'un des disques le mode de vibration où il n'y a qu'une seule ligne nodale diamétrale, la tige exécutera des vibrations transversales, et elle offrira, près de chacune de ses extrémités, un nœud de vibration; ce qu'on pourra facilement voir en la plaçant horizontalement et en recouvrant une de ses faces avec du sable.

§ VI.

Quand deux verges minces sont réunies, de manière que l'une des deux tombe perpendiculairement sur l'un des points de l'étendue de l'autre, rendu immobile par un obstacle quelconque, si l'on excite des vibrations transversales dans la première, la seconde deviendra aussi le siége de vibrations transversales.

Cette proposition est la réciproque de la précédente; elle peut être prouvée de la même manière, à l'aide du même appareil, en observant seulement de le tenir horizontal, et de recouvrir la grande verge A avec du sable : on a lieu de se convaincre qu'elle exécute des vibrations transversales quand on ébranle transversalement A' par le moyen d'un archet; car le sable saute perpendiculai-

rement à la surface sur laquelle il repose, et il forme sur les deux faces de la lame des lignes nodales qui se correspondent.

Cette expérience paraît être contradictoire à celles que nous avons faites dans le paragraphe quatrième, où nous avons vu que deux verges étant placées à-peu-près dans les mêmes circonstances que celles que nous supposons ici (*voyez* fig. 25e), il se produisait des vibrations longitudinales en *A*, quand on ébranlait transversalement *A'* avec un archet; mais il faut remarquer que, dans l'expérience qui nous occupe maintenant, une des extrémités de *A* est rendue immobile par le tasseau *c'*, fig. 34e; car, sans cette circonstance les vibrations deviendraient longitudinales en *A*, comme dans les expériences du paragraphe quatrième, ainsi qu'on peut le vérifier en reprenant l'appareil représenté fig. 25e, et en plaçant la verge *A'* sur l'un des points qui correspondent à l'un des tasseaux *c*, *c'*. Ceci est encore une preuve à l'appui de ce que j'ai avancé dans la section première, qu'il était très-probable qu'une verge fixée par l'une de ses extrémités n'était pas susceptible de prendre un mode de mouvement longitudinal.

§ VII.

Il resterait à examiner deux cas : premièrement, celui où une verge est placée perpendiculairement sur un nœud de vibration d'une seconde verge qui est le siége d'un mouvement longitudinal; mais comme les vibrations excitées par communication sont alors très-faibles, il serait fort difficile d'assigner de quelle espèce elles sont :

on peut seulement présumer qu'elles se font dans le sens longitudinal, et qu'elles sont dues à l'expansion qui se produit au point de contact dans la verge primitivement ébranlée. Secondement, il faudrait encore examiner le cas d'une verge mince ébranlée longitudinalement, et qui tomberait perpendiculairement sur l'un des points d'une verge, rendu immobile par un obstacle quelconque, comme si, dans l'appareil de la fig. 34e, on excitait des vibrations longitudinales en *A'*. Si ce nœud est déterminé par un obstacle tout-à-fait immobile, il est impossible d'obtenir des vibrations longitudinales de la petite verge; ce qui se trouve conforme à ce que nous avons déjà dit plusieurs fois, qu'une verge fixée par l'une de ses extrémités n'était pas susceptible de prendre un mode de mouvement longitudinal; et si l'obstacle n'est pas tout-à-fait immobile, par exemple, s'il est de nature à pouvoir être transporté, lorsque les oscillations ont lieu, par la verge à laquelle il est uni, *voyez* la fig. 36e, où *A* porte une petite masse *c*, dans un des points de son étendue, à l'endroit qui correspond à celui où *A'* est fixé, alors *A* exécute des vibrations transversales quand on en excite de longitudinales en *A'*, mais sans qu'il existe une ligne nodale au point de contact des deux lames : *A* prend le mode de mouvement le plus simple d'une verge fixée seulement par une de ses extrémités, et la petite masse n'est plus qu'un curseur qui diminue le nombre des vibrations de *A* dans un temps donné, et qui en rend par conséquent le son plus grave.

Je remarquerai en passant que la petite masse *c* entre aussi en mouvement, et qu'elle exécute des vibrations longitudinales; ce qu'on peut voir facilement en lui

donnant, par exemple, la forme d'une plaque rectangulaire; si l'on tient l'appareil dans une direction telle que cette petite lame soit horizontale, de manière à pouvoir la recouvrir de sable, elle présentera sur ses deux faces des lignes nodales différemment disposées; ce qui s'accorde parfaitement avec ce que nous avons dit dans le paragraphe quatrième.

§ VIII.

En résumant les expériences contenues dans cette section, nous voyons, 1° que quand deux verges sont unies perpendiculairement entre elles, celle qui est ébranlée directement communique toujours un mouvement différent du sien à l'autre verge; ainsi, si la lame primitivement ébranlée fait des vibrations transversales, la seconde en fera de longitudinales, et réciproquement, § 1er, § 2e, § 3e, § 4e. Il faut excepter le cas mentionné § 5e et § 6e, où nous avons vu que l'espèce des mouvemens est la même dans les deux verges quand l'une des deux tombe perpendiculairement sur l'un des points de l'étendue de l'autre, rendu immobile par un obstacle : 2° que la période des oscillations est constamment la même dans les deux corps, puisque quand celui auquel le mouvement est communiqué a des dimensions telles, qu'étant ébranlé directement il rendrait un son beaucoup plus aigu que celui du corps auquel il est joint, il vibre alors de la même manière que s'il était partie d'un plus grand tout, § 2e : d'ailleurs, si cela n'était pas, les deux corps feraient entendre des sons différens. L'on pourrait cependant objecter que le son donné par le corps secondairement agité étant très-

faible, il pourrait être différent de celui du corps primitivement ébranlé sans qu'on eût la perception de cette différence. On peut répondre à cela, que quand on fixe à un vase une verge de verre longue de 2 ou 3 décimètres, ses vibrations, comme nous l'avons déjà remarqué, renforcent sensiblement le son primitif, et que puisque les oscillations de cette verge sont assez fortes pour agiter le sable dont on la recouvre, elles doivent, à plus forte raison, l'être assez pour exciter des ondes sonores dans l'air environnant.

SECTION III.

§ Ier.

Le nombre des vibrations d'un corps primitivement ébranlé est toujours influencé d'une manière notable par les corps avec lesquels il se trouve en contact, de manière qu'en produisant presque la même figure, il peut rendre des sons différens : c'est ainsi qu'un curseur pesant placé sur l'un des ventres de vibration d'une verge, sans changer la figure produite, en fait d'autant plus baisser le son que sa masse est plus considérable. Il peut aussi arriver qu'un curseur, loin de faire baisser le son, le fasse monter : cela a lieu quand on le place de façon qu'il repose sur un nœud de vibration, et qu'il soit uni au corps vibrant sans que celui-ci en supporte le poids ; alors le son monte d'autant plus que l'espace intercepté par le curseur est plus grand. On peut examiner ce phénomène dans tous ses détails à l'aide de l'appareil représenté fig. 37e ; il est composé d'une verge *A* de verre, de bois ou de métal, fixée par une de

ses extrémités à un support *c*, qui repose sur une règle de bois *B*, et d'un autre petit support *D* qui correspond à l'endroit où doit se trouver un nœud dans le mode de vibration où la verge ne présente qu'une ligne nodale. Quand la verge n'est pas unie au support *D*, mais qu'elle ne fait seulement que reposer sur lui, le son qu'elle rend est tel que le comportent ses dimensions; mais si, à l'aide d'une légère couche de mastic ou autrement, on unit la verge au support *D*, le son monte d'autant plus que *D* est plus épais, c'est-à-dire qu'il intercepte un plus grand espace; et l'on observe que la ligne nodale n'est plus unique, mais qu'il s'en forme une de chaque côté et à quelque distance du support. Si au-dessus du support *D* on fixe un corps quelconque *d*, fig. 38e, sur l'autre face de la verge, il fait monter le son d'autant plus qu'il intercepte un espace plus grand. Les choses restant dans cet état, si l'on détache la verge du support *D*, le son devient d'autant plus grave, relativement au son naturel de la verge, que le corps *d* est plus lourd.

Pour donner une idée des changemens de ton qui surviennent dans chacune des circonstances de cette expérience, je vais exposer les résultats que j'ai obtenus avec l'appareil dont je me suis servi. Il est inutile de remarquer que ces résultats ne peuvent convenir que pour la verge et les supports que j'ai employés, et qu'ils varieraient avec les dimensions de chacune de ces parties :

La verge posée sur *D*.............. ut_1 ;
——— collée à *D*............... fa_1 ;
——— collée aux curseurs *D* et *d*. la_1 ;
La verge et le curseur *d*, séparés de *D*, $ut^{\flat}_1$.

On peut varier cette expérience de diverses manières : si l'on prend une plaque circulaire, et qu'on fixe une tige sur une de ses faces, le son de la plaque isolée ayant été noté préalablement, on voit qu'il monte d'autant plus que la tige est plus grosse ; et si l'on fixe sur l'autre face de la plaque une autre tige opposée à la première, le son monte encore. La figure obtenue reste sensiblement la même. *Voyez* fig. 39ᵉ, où j'ai indiqué les sons que j'ai obtenus dans l'expérience que j'ai faite.

Il est inutile de remarquer que les curseurs participent toujours à l'ébranlement de la verge, et qu'ils produisent constamment des figures quand on les recouvre de sable.

Il serait très-difficile et peut-être impossible de déterminer dans quelle proportion le son doit monter pour un espace intercepté d'une étendue donnée : le mode d'union du curseur apporte des différences considérables, le son devenant plus aigu à mesure que l'union est plus parfaite ; par exemple, quand on fixe deux curseurs de mêmes dimensions, l'un au-dessus, l'autre au-dessous de la verge (fig. 38), le son devient plus aigu que quand il n'y a qu'un curseur placé sous la verge, quoique l'espace intercepté soit le même dans les deux cas : ce qui tient sans doute à ce que l'espace compris entre les deux supports est alors mieux intercepté, et à ce que les supports et la verge sont plus près de ne faire qu'un seul corps, dont le son doit être d'autant plus aigu que les dimensions résultantes sont plus fortes. Ne pourrait-on pas, dans l'endroit où touchent les curseurs, regarder la verge comme augmentée d'épaisseur, tout le système ne formant plus qu'un seul et même corps vibrant ? Cette

idée ne paraît pas dénuée de fondement quand on considère que l'épaisseur du curseur restant la même, si on lui donne une longueur plus considérable, le son monte d'une quantité notable. Cette hypothèse explique tous les phénomènes; elle rend raison de l'acuité plus grande du son, premièrement, lorsque le curseur *D* occupe un plus grand espace; secondement, lorsque deux curseurs de mêmes dimensions sont placés sur les faces opposées de la verge. Elle devient encore plus vraisemblable lorsqu'on considère que quand deux corps se touchent immédiatement, ils sont susceptibles de prendre non-seulement les modes de vibration qui leur appartenaient quand ils étaient séparés, mais qu'ils peuvent encore en prendre d'autres qu'il ne leur est donné de produire que dans le cas où ils ne composent plus qu'un seul et même tout, vibrant selon que le comporte la nouvelle forme. Par exemple, si l'on unit deux plaques circulaires de mêmes dimensions et de même matière, de manière que, passant toutes deux par un même plan, elles ne se touchent que par un point de leur circonférence, fig. 40e, en en mettant une seule en vibration, on pourra obtenir dans toutes deux le mode de division formé par deux lignes nodales diamétrales qui se croisent à angle droit, comme le représente la fig. 41e; mais en variant la position de l'archet, on pourra obtenir des figures qui seront évidemment le résultat des vibrations de totalité des deux corps vibrans comme n'en faisant plus qu'un seul : tel est, par exemple, le mode de vibration de la fig. 42e. Il serait impossible que chacune des plaques prise séparément pût se diviser de la même manière qu'elle le fait ici, où elle est unie à une plaque

semblable. Si les deux disques étaient de dimensions très-différentes, de manière qu'en faisant vibrer le plus petit, le son le plus grave qu'il rendrait fût beaucoup plus aigu que le plus aigu du plus grand, ils vibreraient de même comme un seul corps, et ils produiraient des figures en conséquence : telle est celle qui est représentée fig. 43e. Il est à remarquer que plus les points de contact sont petits, en même temps que les corps approchent d'être de mêmes dimensions, plus ceux-ci sont susceptibles de prendre des modes de vibration analogues pour chacun d'eux, considéré en particulier, à ceux qu'ils prendraient s'ils étaient mis en jeu séparément : il en est de même si l'un des deux est très-grand, relativement à l'autre ; le plus grand aura un mode de vibration sensiblement pareil à celui qu'il aurait pris si on l'eût mis seul en jeu.

Je présume donc qu'il se produit un phénomène analogue quand un curseur repose sur l'un des nœuds d'une verge : cette ligne nodale se double et se place de chaque côté du curseur, de manière que les parties vibrantes qui y sont contiguës se trouvent raccourcies chacune de la moitié de l'espace qui sépare ces deux lignes nodales ; ce qui doit faire monter le son : il serait très-facile de déterminer dans quelle proportion, si la longueur du curseur n'influait pas en même temps que son épaisseur sur l'acuité du son.

Les expériences précédentes tendent à faire voir qu'il s'en faut de beaucoup qu'on connaisse tous les modes de mouvement dont un corps de forme donnée est susceptible. Dans le Mémoire *sur la Construction des instrumens à cordes*, j'ai déjà fait remarquer que les pla-

ques circulaires étaient susceptibles de rendre des sons beaucoup plus graves que ceux que M. Chladni leur avait assignés : je pensais alors que le son le plus grave d'une plaque de cette forme était celui qu'elle donne lorsqu'elle n'offre plus qu'un seul point qui ne vibre pas ; et que, passé ce terme, elle ne pouvait plus servir au renforcement du son d'un autre corps auquel elle était unie. Maintenant il me paraît évident qu'un corps de très-petites dimensions peut toujours vibrer à l'unisson avec un corps dont les dimensions sont beaucoup plus grandes, et réciproquement, parce que le plus petit corps devenant comme partie du plus grand, il doit en partager le mode de mouvement, quel qu'il soit.

L'expérience représentée fig. 40ᵉ offre un cas de communication du mouvement entre deux corps minces qui passent par un même plan, et, comme on vient de le voir, l'espèce des vibrations est la même dans tous les deux : ici, les oscillations sont transversales ; mais si le mouvement initial, au lieu d'être perpendiculaire au plan par lequel passent les deux disques, était produit dans le sens même de ce plan, alors les vibrations des deux plaques circulaires seraient longitudinales, ainsi qu'on peut s'en convaincre en unissant deux disques de verre avec du mastic, et en fixant à l'un d'eux une petite tige de verre dont la direction soit comme le prolongement de la ligne diamétrale commune aux deux disques. Si l'on fait vibrer longitudinalement la petite verge en la frottant avec un morceau de drap mouillé, les corps auxquels elle sera unie prendront un mode de mouvement longitudinal. Au lieu d'employer

des disques pour faire cette expérience, on peut prendre des lames de verre de la première forme venue; l'effet sera toujours le même. Ainsi, l'on peut en conclure que quand deux corps ayant peu d'épaisseur passent par un même plan, la direction du mouvement est constamment la même dans tous les deux quand on n'en ébranle qu'un seul directement.

§ II.

Quant aux curseurs qui font baisser le son, comme je l'ai déjà dit, il paraît que cela tient à ce qu'on les place sur une partie vibrante, dans des circonstances telles que la verge est obligée d'entraîner le nouveau corps avec elle dans tous ses mouvemens; ce qui doit en conséquence diminuer le nombre des oscillations dans un temps donné. Comme on le sait depuis longtemps, on obtient un effet analogue en versant un liquide quelconque dans une cloche d'*harmonica;* mais il paraît néanmoins que le son ne baisse pas dans un rapport déterminé relativement à la densité du liquide contenu dans le vase, comme l'expérience suivante induit à le croire.

A l'aide d'un archet, si l'on fait vibrer un tube de 2 ou 3 millimètres de diamètre et de 3 ou 4 décimètres de longueur, on en obtient un son quelconque, qu'on peut noter en cherchant son unisson sur un instrument bien accordé : quand on remplit ce tube avec de l'éther sulfurique, on en obtient un son un peu plus grave que quand il ne contenait que de l'air : en substituant de l'alcool à l'éther, le son baisse encore d'une quantité

notable; en remplaçant l'alcool par de l'eau et l'eau par du mercure, le son change toujours, en marchant de l'aigu au grave, de manière qu'au premier coup-d'œil on pourrait penser que le son baisse dans un rapport déterminé, relativement à la densité du corps contenu dans le tube; mais en y réfléchissant, on voit que si la densité y contribue, il s'y joint probablement quelqu'autre cause : en effet, comme on peut le voir dans le tableau ci-joint, le son ne baisse que d'un ton et demi en substituant de l'eau à l'air; de manière que, dans ce cas, un corps mille fois plus pesant qu'un autre ne fait baisser le son que d'un ton et demi; tandis qu'en substituant du mercure à l'eau, le mercure seulement, treize fois et demie environ plus lourd que l'eau, fait baisser le son d'une octave entière.

Le tableau suivant présente les résultats que j'ai obtenus avec un tube d'environ 4 millimètres de diamètre et de 4 décimètres de longueur; on conçoit que ces résultats seraient différens si la capacité du tube était changée.

Espèce des liquides.	Sons obtenus.	Pesanteur spécifique des liquides.
Air...........	*sol* $_3$.	0,001.
Ether sulfurique.	*fa* $_3$ +	0,739.
Alcool.........	*fa* $_3$.	0,829.
Eau...........	*mi* $_3$.	1,000.
Mercure.......	*mi* $_2$.	13,593.

Pour être bien faite, cette expérience demande quelques précautions : il faut, pour faire vibrer le tube, en

appuyer l'extrémité fermée sur un corps solide, et le tenir vertical en le saisissant le plus délicatement possible entre deux doigts placés sur le nœud de vibration qui se produit quand une verge, simplement appuyée par une de ses extrémités, rend le son le plus grave dont elle est susceptible. Cette précaution est nécessaire parce que si, après avoir changé les liquides, on ne posait pas les doigts à la place qu'ils occupaient d'abord, on pourrait obtenir un changement de ton qui dépendrait de la position des doigts, et non de la présence seule des liquides : aussi le meilleur moyen pour éviter les erreurs, c'est de coller une petite rondelle de liége à l'entour du tube, dans l'endroit où doit se former le nœud ; par là, on sera toujours sûr de le saisir de la même manière.

Quand on ébranle le tube avec l'archet, il se produit un phénomène extrêmement remarquable : si le tube est entièrement rempli, le liquide est projeté au dehors, à une distance considérable ; et l'on peut ainsi faire sortir jusqu'à environ un décimètre de la colonne qu'il forme. Il paraît que cela tient aux changemens de forme du tube, qui ne vibre pas tout-à-fait comme le ferait une verge pleine, ainsi qu'on a avancé que cela avait lieu : il est probable qu'il s'aplatit un peu et qu'il devient ovale quand les excursions des parties vibrantes sont très-fortes.

Les recherches que je viens de présenter à l'Académie, touchant la communication des mouvemens vibratoires, sont très-imparfaites, très-incomplètes, sans doute ; mais j'ose espérer néanmoins qu'elles ne seront pas entièrement inutiles, en ce qu'elles pourront attirer

l'attention des gens instruits sur cette matière tout-à-fait nouvelle, et susceptible, étant maniée par des mains habiles, de conduire à des résultats avantageux pour la science, et utiles pour les arts qui s'occupent de la confection des instrumens de musique.

Sur *la Relation qui existe entre la forme cristalline et les proportions chimiques.*

Par E. Mitscherlich.

Premier Mémoire sur l'Identité de la forme cristalline chez plusieurs substances différentes, et sur le rapport de cette forme avec le nombre des atomes élémentaires dans les cristaux.

(Lu à l'Académie des Sciences de Berlin, le 9 décembre 1819.)

L'oxigène, dans les acides phosphoreux et arsénieux, est à celui dans les acides phosphorique et arsénique, comme 3:5; et dans le surphosphate et le surarséniate de potasse, l'oxigène de la potasse est à celui de l'acide comme 1:5, et à celui de l'eau de cristallisation comme 1:2. Ces sels sont composés du même nombre d'atomes ou volumes élémentaires, et ne diffèrent l'un de l'autre, qu'en ce que le radical dans l'un est du phosphore, et dans l'autre de l'arsenic. La forme cristalline de ces deux sels est la même. Le phosphate et l'arséniate de soude, le phosphate et l'arséniate d'ammoniaque, le surphosphate et le surarséniate d'ammoniaque, ainsi que le sur-

phosphate et le surarséniate de baryte contiennent, chaque paire, les mêmes volumes d'acide, de base et d'eau de cristallisation, et chaque paire a exactement la même forme cristalline. Je reviendrai plus spécialement, dans la suite de mon travail, sur les combinaisons des acides phosphorique et arsénique, qui, lorsque les acides sont combinés avec les mêmes bases au même degré de saturation, non-seulement partagent la même forme cristalline, mais qui ont tout-à-fait les mêmes propriétés chimiques. Il m'a paru qu'il s'ensuivait de leur composition chimique analogue et de leurs formes cristallines identiques, que si deux corps différens se combinent avec le même nombre de volumes d'un autre, par exemple, l'arsenic et le phosphore, chacun avec cinq atomes d'oxigène, et si ces deux combinaisons s'unissent avec un autre corps dans la même proportion, il s'ensuit, dis-je, que l'arséniate et le phosphate qui en résultent doivent avoir exactement la même forme : or, c'est justement ce qui arrive ; car non-seulement la forme primitive, mais aussi toutes les variétés se ressemblent tellement quant à la grandeur, le nombre des plans, et la valeur de leurs angles, qu'il est tout-à-fait impossible d'y trouver aucune différence, pas même dans des caractères qui paraissent être tout-à-fait accidentels. L'un copie la forme de l'autre, comme le cobalt gris copie la forme du fer sulfuré; comme le fer carbonaté celle de la chaux carbonatée. Cette concordance de mon raisonnement avec le résultat de l'expérience m'a engagé à soumettre à une pareille recherche tous les acides et toutes les bases. J'ai d'abord trouvé que la potasse et l'ammoniaque donnent, combinées avec le même acide, un sel ayant la

même forme cristalline, pourvu que le sel d'ammoniaque contienne deux proportions d'eau de cristallisation : ceci n'est qu'un simple fait dénué de toute théorie. Je trouvai ensuite que les formes cristallines des sels de baryte, de plomb et de strontiane se ressemblaient entre elles : l'oxigène des oxides de barium et de plomb est à celui de leurs hyperoxides dans le rapport de 1 à 2 ; les sulfates de baryte et de plomb ont exactement la même forme ; le sulfate de strontiane de Sicile paraît ordinairement sous une forme que je n'ai trouvée que très-rarement parmi les variétés du sulfate de baryte, mais jamais parmi celles du sulfate de plomb. Encore je puis y ajouter que les formes des sels artificiels de baryte, de strontiane et de plomb se ressemblent exactement.

Les recherches chimiques sur les degrés d'oxidation du fer, du manganèse et du cobalt mettent hors de doute que le métal est combiné avec deux proportions ou atomes d'oxigène dans le protoxide, parce qu'il y en a trois dans l'hyperoxide ; ce qui est encore confirmé par les recherches des cristallographes sur les carbonates de manganèse et de fer. La forme cristalline identique des carbonates de magnésie, de chaux et de zinc rend très-vraisemblable que ces trois oxides appartiennent à cette même classe, par la raison suivante : on trouve dans la nature les carbonates de chaux, de fer, de zinc, de manganèse et de magnésie. M. Haüy, dans le dernier de ses ouvrages, admet, comme une chose hors de doute, que les carbonates de fer et de chaux ont exactement, jusqu'aux modifications les plus légères, la même forme cristalline ; il ne s'exprime pas si définitivement sur l'identité de la forme cristalline des carbonates de zinc et

de manganèse avec celle des carbonates de fer et de chaux, parce qu'il n'a pas été en état de mesurer les angles de leurs rhomboïdes. M. Weiss croit, comme M. Haüy, que la forme du carbonate de chaux et de fer est exactement la même que celle du carbonate de chaux : outre la forme primitive, il a observé encore quelques variétés. Les cristaux du carbonate de manganèse ressemblent de même, d'après ses recherches, à ceux du carbonate de chaux. Outre ces sels, il se trouve encore dans la nature des mélanges de différens carbonates, qui ne sont pas combinés d'après des proportions fixes, et qui ont tous la forme cristalline du carbonate de chaux; par exemple, la combinaison du carbonate de chaux avec celui de fer, dans laquelle la quantité de chaux est quelquefois au-dessous d'un centième; celle du carbonate de chaux et de magnésie, qui contient quelquefois plus de magnésie que de chaux, ainsi que celle du carbonate de chaux et de manganèse. MM. Leblanc, Bernhardi et Beudant avaient trouvé que si l'on mêle ensemble fort peu de sulfate de fer au sulfate de zinc, et que l'on fasse cristalliser ce mélange, on obtient des cristaux qui contiennent beaucoup de sulfate de zinc et fort peu de sulfate de fer, et qui ont néanmoins la forme cristalline du sulfate de fer; et que si l'on mêle un peu de sulfate de cuivre avec beaucoup de sulfate de zinc, on obtient des cristaux qui ont la forme du sulfate de cuivre, quoiqu'ils n'en contiennent que fort peu. MM. Haüy, Bernhardi et Beudant ont conclu de ces expériences, qu'une substance peut avoir une telle énergie de cristallisation, que, mêlée avec une autre, elle lui imprime sa forme cristalline, même au cas que la combinaison n'en contienne

que fort peu ; c'est de cette manière qu'ils ont expliqué l'identité de la forme des carbonates : ils croyaient qu'une petite quantité de chaux qui peut échapper au chimiste se trouve dans tous, et que cette quantité, quoique n'excédant pas même un centième, peut néanmoins donner sa forme à la combinaison. M. Wollaston a trouvé que les angles de ces rhomboïdes diffèrent ; mais leur différence est si petite, que MM. Haüy et Weiss la rejettent par des raisons cristallographiques, et regardent leurs formes cristallines comme tout-à-fait semblables.

En comparant ces observations aux résultats que j'avais obtenus déjà sur l'identité des formes cristallines chez plusieurs substances différentes, il m'a paru vraisemblable que ces quatre oxides, combinés avec le même acide, donneraient des sels de la même forme cristalline. J'ai examiné non-seulement leurs sels artificiels, mais aussi en même temps presque tous les autres oxides, et j'ai obtenu ce résultat remarquable, que non-seulement les quatre oxides sus-mentionnés, mais encore la magnésie, les oxides de cuivre, de cobalt et de nickel, combinés avec le même acide, ont la même forme cristalline. Je me bornerai aujourd'hui aux sulfates de ces oxides ; leur nature permet une recherche exacte et un grand nombre de combinaisons ; leur forme est décrite par M. Haüy, par conséquent complètement et bien ; leur composition est examinée et démontrée avec exactitude par M. Berzelius : le rapport de l'oxigène de l'oxide à celui de l'acide est comme 1 à 3 ; mais ils se combinent avec différentes quantités d'eau de cristallisation. Rangés d'après les proportions qu'ils en contiennent, ils se partagent en trois classes.

Première classe. Les sulfates de manganèse et de cuivre : le terme moyen de trois expériences m'a donné 37,8 p. c. d'eau de cristallisation pour le sulfate de cuivre, et 38,46 p. c. pour le sulfate de manganèse; le rapport de l'oxigène dans les oxides à celui dans l'eau est comme 1:5.

La forme cristalline de ces deux sels est décrite par M. Haüy sous la forme du sulfate de cuivre; la forme du sulfate de manganèse montre non-seulement la forme primitive, mais aussi toutes les variétés et tous les caractères géométriques, que celle du sulfate de cuivre; leur forme primitive est la plus rare entre les formes cristallines : je ne l'ai jamais observée chez aucun autre sel artificiel. Entre les minéraux, c'est seulement l'axinite qui la partage.

Deuxième classe. Le sulfate de fer et le sulfate de cobalt : le terme moyen de trois expériences sur la quantité d'eau m'a donné; celle du sulfate de fer 43,92 p. c., et celle du sulfate de cobalt 42,7 p. c.; le rapport de l'oxigène dans l'oxide à celui dans l'eau de cristallisation est par conséquent comme 1:6. La forme de ces deux substances est décrite par M. Haüy sous celle du sulfate de fer; la forme primitive, les variétés et les angles de leurs plans sont exactement les mêmes.

Troisième classe. Les sulfates de zinc, de nickel et de magnésie : le terme moyen de cinq expériences m'a donné la quantité d'eau 44,76 p. c. dans le sulfate de zinc; celui de trois expériences 45,6 p. c. dans le sulfate de nickel, et le terme moyen de cinq expériences 51,2 p. c. dans le sulfate de magnésie : le rapport de

l'oxigène dans l'oxide est par conséquent à celui de l'eau de cristallisation comme 1 : 7.

Leur forme primitive est décrite par M. Haüy sous celle du sulfate de magnésie, et, après lui, par M. Bernhardi.

En examinant les sels d'un même acide, dans lesquels les bases montrent la même forme cristalline, on remarquera qu'une proportion ou atome d'eau de cristallisation peut changer la forme cristalline; le muriate de baryte et celui de strontiane, le surphosphate d'ammoniaque et de potasse, le sulfate de chaux, tant ordinaire qu'anhydre, diffèrent quant aux proportions ou atomes d'eau de cristallisation, et n'ont pas la même forme qu'ils devraient avoir autrement.

La forme cristalline des carbonates de manganèse, de fer et de zinc, qui réunissent ces trois classes, rend extrêmement vraisemblable que la différence qui se trouve entre la foreme cristallin de ces sept sels n'est produite que par une quantité différente d'eau de cristallisation, et que les sulfates anhydres de ces bases ont tous la même forme cristalline.

L'observation, que les combinaisons chimiques composées d'après les mêmes proportions ont la même forme, confirme encore l'identité de la forme de ces sels; car le métal de la base se combine dans tous avec les mêmes proportions ou atomes d'oxigène. L'oxigène, dans le protoxide de fer, de manganèse, de cobalt et de nickel, est avec celui du deutoxide dans le rapport de 2 à 3. M. Berzelius croit qu'une telle proportion donne lieu de soupçonner que le métal est combiné dans le protoxide avec deux atomes d'oxigène. En effet, le rapport de l'oxigène dans le protoxide de cuivre, et peut-être

aussi dans le protoxide de nickel, est comme 1 à 2, et les deutoxides de ces métaux, combinés avec le même acide, donnent des sels qui ont la même forme que les sels des protoxides des quatre métaux précités.

Si ces raisons suffisent pour rendre vraisemblable que la forme cristalline des sulfates anhydres de cuivre, de manganèse, de fer, de cobalt, de nickel, de zinc et de magnésie, doit être identique, on pourrait décider avec la plus grande confiance sur les expériences de MM. Bernhardi et Beudant, et heureusement la nature de ces sulfates nous favorise tellement, que nous pouvons exactement démontrer ce que nous conjecturons.

M. Beudant, en mêlant du sulfate de cuivre avec du sulfate de fer, obtint un sel de la forme du sulfate de fer : il trouva que neuf centièmes de sulfate de fer sont la plus petite portion qui peut imprimer encore la forme du sulfate de fer à la combinaison. Il obtint de même un sel qui avait la forme du sulfate de fer, en mêlant du sulfate de zinc avec du sulfate de fer ; il trouva que quinze centièmes de sulfate de fer suffisent pour donner à la combinaison la forme du sulfate de fer ; mais au-delà de ce terme il obtint des cristaux qui contenaient dix pour cent de sulfate de fer, et avaient la forme cristalline du sulfate de zinc : il mêla ensemble des sulfates de fer, de zinc et de cuivre, et obtint d'un tel mélange des cristaux qui étaient composés de 75 centièmes de sulfate de zinc, 21 c. de sulfate de cuivre et de 4 c. de sulfate de fer, et qui avaient la forme du sulfate de fer. Sur ces résultats, il base une grande série de conjectures concernant la classification des minéraux, leur composition et les substances prédominantes qui donnent la forme aux

combinaisons. Ces faits furent examinés et constatés par MM. Haüy, Vauquelin et Brochant, qui en furent chargés par l'Académie des Sciences, et ils en conclurent qu'il y avait des combinaisons chimiques auxquelles un corps, s'il n'y était même qu'en fort petite quantité, donnait la forme cristalline, et que les autres corps combinés n'y exerçaient aucune influence. Si ce jugement, qui fut approuvé par l'Académie, était irréfragable, nous aurions perdu pour toujours l'espérance de trouver un rapport entre la chimie et les formes cristallines; mais j'espère de pouvoir restituer cette espérance par deux séries d'expériences, qui me serviront encore comme un appui pour prouver l'identité des formes cristallines de ces sept sulfates.

I. J'ai répété les expériences de M. Beudant. Quoique je n'aie jamais trouvé par l'analyse, dans ces sels, une si petite quantité de fer que M. Beudant, j'ai obervé non-seulement les mêmes faits que M. Wollaston, mais j'ai encore vu ces faits se répéter dans les mélanges qu'on peut faire de ces sept sulfates. Dans l'analyse que j'ai faite de ces sels, voulais-je partager la quantité d'eau que j'avais obtenue d'un sel qui contenait du sulfate de cuivre et du sulfate de fer sur le sulfate de fer et de cuivre, j'avais de l'eau superflue et en si grande quantité, que je pouvais donner au sulfate de cuivre une proportion d'eau de plus : si je partageais l'eau obtenue d'un mélange de sulfate de fer et de sulfate de zinc sur le sulfate de fer et de zinc, j'avais une grande perte; mais si je donnais au sulfate de zinc une proportion de moins, le compte était juste : il s'ensuit de ces expériences, que les mélanges des sulfates qui partagent la forme cristalline du sulfate de fer et du

cobalt ne contiennent ni le sulfate de zinc, ni celui de cuivre, celui-là combiné avec sept proportions d'eau, celui-ci avec cinq, mais tous les deux combinés avec six proportions, et ce sont ces mêmes proportions qui se trouvent dans le sulfate de cobalt et de fer. Si les sulfates de fer, de cuivre, de zinc, combinés avec les mêmes proportions d'eau de cristallisation, ont la même forme cristalline, alors il est nécessaire que les mélanges de ces sulfates, s'ils contiennent la même quantité d'eau de cristallisation, comme le sulfate de fer et de cobalt; il est, dis-je, nécessaire qu'ils aient aussi la forme cristalline de ces derniers.

II. Si la délicatesse de ces expériences nous laisse hésiter encore sur la vérité de ces faits et de leur explication, ce sont les expériences suivantes qui mettront la question hors de doute. J'ai tâché de combiner les sels qui contiennent cinq proportions d'eau de cristallisation avec ceux qui en contiennent sept; j'ai obtenu des combinaisons qui contiennent six proportions, et ont la forme du sulfate de fer et de celui de cobalt, sans en contenir une trace : telles sont la combinaison ou plutôt le mélange cristallisé des sulfates de cuivre et de zinc, qu'avant moi, M. Wollaston avait découvert; celle des sulfates de cuivre et de magnésie, celle des sulfates de cuivre et de nickel, celle des sulfates de manganèse et de zinc, et enfin, celle des sulfates de manganèse et de magnésie.

Les conclusions tirées du rapport qui existe entre la forme et le nombre des atomes dans les arséniates et les phosphates, lesquelles se confirment ultérieurement dans ces sept sulfates; l'identité de la forme cristalline du

sulfate de cuivre avec celle du sulfate de manganèse, du sulfate de fer avec celle du sulfate de cobalt, du sulfate de zinc avec celle des sulfates de magnésie et de nickel; l'identité de la forme des carbonates de fer, de manganèse et de zinc, qui réunissent ces trois classes; la circonstance que les sels précités, lorsqu'ils contiennent le même nombre d'atomes d'eau que le sulfate de fer ou de cobalt, prennent aussi leur forme cristalline, et que les combinaisons ou plutôt les mélanges cristallisés des sulfates qui contiennent cinq proportions d'eau de cristallisation avec ceux qui en contiennent sept, ont la même forme cristalline que les sulfates de fer et de cobalt, et prennent en même temps autant de proportions d'eau de cristallisation que ceux-ci; puis l'observation que ces sept sels se combinent ou plutôt peuvent cristalliser ensemble en toute proportion, affectant toujours une même forme; tous ces faits confirment l'identité des formes cristallines de ces sept sels, soit à l'état anhydre, soit combinés avec les mêmes proportions d'eau. Mais, pour le confirmer encore mieux, j'ai tâché de produire avec chacun de ces sept sels des sels triples, pour voir si l'identité de leur forme s'y maintiendrait de même. Cela n'a réussi qu'avec la potasse et l'ammoniaque. J'ai obtenu treize sels, dont la forme était parfaitement identique, et qui ont une composition exactement analogue. Les sept sulfates se combinent tous avec le sulfate d'ammoniaque, six seulement avec la potasse; celui de manganèse ne m'ayant point donné de sel triple avec cette dernière. La moitié de l'acide est combinée avec l'alcali, et l'autre moitié avec l'oxide métallique. Dans ceux qui contiennent du sulfate d'ammoniaque, l'oxigène de l'une des

bases est à celui de l'eau comme 1:8; dans ceux qui contiennent de la potasse comme 1:6. Cette identité de forme s'ensuit d'une observation que j'ai faite antérieurement, c'est-à-dire, que le sulfate de potasse anhydre a la même forme cristalline que le sulfate d'ammoniaque, qui contient deux proportions d'eau. La forme cristalline de ces treize sels triples est décrite par M. Haüy sous la forme du sulfate de nickel, qui sûrement a été un sel triple à base de nickel et de potasse.

En jetant un coup-d'œil sur la composition de ces sels triples, ainsi que sur les mélanges cristallisés des sept sulfates entre eux, nous nous apercevons du singulier résultat que les sels qui ont la même forme se combinent, ou, pour mieux dire, cristallisent ensemble, dans quelque proportion que ce soit, comme ces sept sulfates et comme les carbonates de ces mêmes oxides; mais que quand la forme des sels qui se combinent est différente, comme celle du sulfate de potasse et d'ammoniaque, leur cristallisation diffère de celle de ces sept sulfates; alors il y a proportion fixe. Ce résultat jettera du jour sur la composition de plusieurs minéraux, où la cristallographie a paru être en contradiction avec l'analyse chimique, par exemple, celle des grenats, des amphiboles, des pyroxènes et tant d'autres, où quelques-unes des bases précitées entrent en proportions si variables, et souvent en apparence contraires aux lois chimiques. Mais il est peut-être trop tôt encore d'en faire une application spéciale à la minéralogie. J'espère y revenir dans la suite de mon travail.

Le raisonnement que nous avons suivi jusqu'à présent établit que, lorsque des sels à un même acide ont la même forme cristalline, l'oxide ou la base isolée de

l'acide doit aussi avoir la même forme cristalline ; je me trouve dénué de tout exemple pour le prouver par une observation directe. Je n'ai jamais pu obtenir aucun de ces sept oxides sous une forme cristalline reconnaissable ; mais je peux démontrer la vérité de cette supposition par un exemple tiré de la classe des oxides qui contiennent, pour un atome de métal, trois atomes d'oxigène, c'est-à-dire, l'alumine, l'oxide rouge de fer et l'oxide de manganèse. Les cristaux du fer oxidulé (*ferroso-ferricum*), du spinelle et du spinelle zincifère (*gahnite*), rendent très-vraisemblable que l'alumine et l'oxide rouge de fer donnent, combinés avec la même substance dans la même proportion, un sel de la même forme cristalline ; car nous avons vu que l'oxide de zinc, l'oxidule de fer et la magnésie, combinés avec le même acide, donnent des sels qui ont la même forme cristalline ; il s'ensuit de là que si nous avons des combinaisons de ces deux bases avec deux différens acides, mais dans les mêmes proportions et ayant la même forme, il s'ensuit, dis-je, que ces deux acides doivent aussi avoir la même forme. Si l'on mêle ensemble du sulfate de fer oxidé rouge et du sulfate d'ammoniaque ou de potasse, on obtient de beaux et grands octaèdres avec toutes les variétés de formes que le sulfate d'alumine et de potasse ou d'ammoniaque nous fournit : l'oxide de fer rouge et l'alumine donnent, combinés avec le même acide, des sels de la même forme ; nous les rencontrons purs et cristallisés tous les deux dans la nature, et leur forme se rapproche tellement qu'on ne peut douter de son identité.

Six mois se sont écoulés depuis la lecture de ce Mémoire; j'ai appris pendant ce temps-là, dans le laboratoire de M. Berzelius, des manières d'opérer dont je n'avais aucune idée; j'ai répété toutes les expériences qui sont de quelque importance, et j'ai vu se vérifier les faits que j'avais énoncés, de manière que je n'ai rien à changer.

Enumération des sels cristallisés présentés à l'Académie, à la lecture de ce Mémoire.

Le résultat de l'analyse de ces cristaux, que j'ai répétée plusieurs fois quand la nature du sel permettait une grande exactitude, s'écartait si peu de la formule, que la différence avait apparemment sa source dans l'imperfection de l'analyse. Pour donner une formule pas trop compliquée, j'ai supposé que la potasse contient deux atomes d'oxigène; ce que je ne sais pas encore; au moins la potasse n'appartient-elle pas à la classe de ces huit oxides. R signifie, dans les formules cristallographiques, radical; $\dot{R}$ le radical combiné avec un atome d'oxigène, $\ddot{R}$ le radical combiné avec deux atomes. J'adopte ce dernier signe provisoirement. Lorsqu'on aura trouvé que des combinaisons qui contiennent le même nombre d'atomes sont arrangées de la même manière, alors il faudra le changer; jusqu'ici je n'y trouve aucune raison : il est cependant vrai que les formes cristallines des phosphates, des nitrates, des hypo-sulfates sont tout-à-fait différentes ; mais je n'ai point trouvé de raisons convaincantes qui prouvent que, dans ces acides, un volume du radical soit combiné avec deux volumes

et demi d'oxigène, comme cela a lieu dans l'acide nitrique. Dans les acides phosphorique et arsénique, le radical peut être combiné avec un volume et un quart, ou bien avec cinq volumes d'oxigène : c'est une explication que l'on peut aussi appliquer à la composition de l'acide hypo-sulfurique. Les molybdates, les oxalates et les sulfates, dont l'acide contient trois atomes d'oxigène, ne montrent pas non plus, la base étant la même, la même forme cristalline ; mais les trois atomes d'oxigène peuvent être combinés avec différens atomes du radical. Le protoxide de mercure, l'oxide d'argent, l'oxide d'étain et celui de titane, les huit oxides sus-mentionnés, qui contiennent deux atomes d'oxigène pour un de radical, l'hyperoxide de manganèse, la potasse, la soude, la silice, l'oxide de plomb, la strontiane et la baryte, le peroxide de fer et de manganèse et l'alumine forment dix classes différentes, et leur nombre sera probablement augmenté par des substances que j'examine maintenant. Il me paraît vraisemblable, par les recherches chimiques, qu'au moins, dans quelques-unes de ces classes, le nombre des atomes élémentaires est le même ; mais quelle peut être la raison que la forme n'est pas la même ?

1. Des cristaux du sulfate de cuivre et du sulfate de manganèse : toutes les variétés dont M. Haüy fait mention s'y trouvent ; je puis les augmenter par quatre nouvelles. Je dois ces variétés à la bonté de mon ami Mr G. Rose, minéralogiste très-habile à Berlin, qui avait bien voulu examiner en détail tous les caractères géométriques du système cristallin de ces deux sels. C'est lui qui, guidé par un zèle infatigable et un intérêt particulier pour la science, m'a aidé pendant une année

entière dans l'examen des formes cristallines et dans la mesure des angles.

Haüy, *Traité de Minéralogie*. III. 580, fig. 103-113. La formule chimique est $\ddot{Mgn}\,\dddot{S}^{2} + 10\,Aq$ et $\ddot{Cu}\,\dddot{S}^{2} + 10\,Aq$. La formule minéralogique ou cristallographique $\ddot{R}\,\dddot{S}^{2} + 10\,Aq$.

2. Des cristaux des sulfates de fer et de cobalt, rangés d'après les variétés, dont M. Haüy fait mention.

Haüy, *Traité de Minéralogie*. IV. 122, fig. 168-175. Leur formule chimique est $\ddot{F}\,\dddot{S}^{2} + 12\,Aq$ et $\ddot{Co}\,\dddot{S}^{2} + 12\,Aq$. Leur formule cristallographique $\ddot{R}\,\dddot{S}^{2} + 12\,Aq$.

3. Des cristaux de sulfate de magnésie, de zinc et de nickel : j'ai augmenté de quelques variétés celles que M. Haüy décrit ; ces mêmes variétés se trouvent dans les trois sels.

Haüy, *Traité de Minéralogie*. II. 331, fig. 131-137. Bernhardi, *Journal de Gehlen*. VIII. 409, planc. 6, fig. 18-22.

La formule chimique pour ces sels est $\ddot{Mg}\,\dddot{S}^{2} + 14\,Aq$, $\ddot{Z}\,\dddot{S}^{2} + 14\,Aq$ et $\ddot{Ni}\,\dddot{S}^{2} + 14\,Aq$; leur formule cristallographique $\ddot{R}\,\dddot{S}^{2} + 14\,Aq$.

4. Des cristaux qui ont la forme cristalline du sulfate de cuivre et de manganèse, et qui contiennent en même temps, outre ceux-ci, des quantités notables de cinq autres sulfates : leur formule cristallographique ou minéralogique est $\ddot{R}\,\dddot{S}^{2} + 10\,Aq$.

5. Des cristaux qui ont la forme cristalline du sulfate de fer et de cobalt, et qui en contiennent, mais en même

temps des quantités des cinq autres sulfates, et cela quelquefois en grande quantité. Leur formule cristallographique est $\ddot{R}\dddot{S}^2 + 12\,Aq.$

6. Des cristaux qui ont la forme cristalline du sulfate de magnésie, de zinc et de nickel, et qui en contiennent beaucoup, ainsi que des quantités différentes des autres quatre sulfates. Leur formule minéralogique est $\ddot{R}\dddot{S}^2 + 14\,Aq.$

7. Des cristaux qui ont la forme et toutes les variétés du sulfate de fer et de cobalt, mais qui n'en contiennent pas une trace, qui sont, savoir : 1. le sulfate de cuivre et de zinc; 2. le sulfate de cuivre et de magnésie; 3. le sulfate de cuivre et de nickel; 4. le sulfate de manganèse et de zinc; 5. le sulfate de manganèse et de magnésie. Leur formule minéralogique est $\ddot{R}\dddot{S}^2 + 12\,Aq.$

8. Des cristaux de sels triples, qui sont formés par ces sept sulfates avec ceux de potasse et d'ammoniaque, savoir :

1. Le sulfate de magnésie et de potasse. La formule chimique est $\ddot{M}g\,\dddot{S}^2 + \dot{K}\,\dddot{S}^2 + 12\,Aq.$

2. Le sulfate de magnésie et d'ammoniaque,

$$\ddot{M}g\,\dddot{S}^2 + 2\,\dot{N}H^6\,\dddot{S}^2 + 16\,Aq.$$

3. Le sulfate de cuivre et de potasse,

$$\dot{C}u\,\dddot{S}^2 + \dot{K}\,\dddot{S}^2 + 12\,Aq.$$

4. Le sulfate de cuivre et d'ammoniaque,

$$\dot{C}u\,\dddot{S}^2 + 2\,\dot{N}H^6\,\dddot{S}^2 + 16\,Aq.$$

5. Le sulfate de manganèse et d'ammoniaque,

$$\ddot{M}n\,\dddot{S}^2 + 2\,\dot{N}H^6\,\dddot{S} + 16\,Aq.$$

6. Le sulfate de fer et de potasse,

$$\ddot{F}\dddot{S}^2 + \ddot{K}\dddot{S}^2 + 12\,Aq.$$

7. Le sulfate de fer et d'ammoniaque,

$$\ddot{F}\dddot{S}^2 + 2\,\dot{N}H^6\dddot{S} + 16\,Aq.$$

8. Le sulfate de cobalt et de potasse,

$$\ddot{C}o\,\dddot{S}^2 + \ddot{K}\dddot{S}^2 + 12\,Aq.$$

9. Le sulfate de cobalt et d'ammoniaque,

$$\ddot{C}o\,\dddot{S}^2 + 2\,\dot{N}H^6\dddot{S} + 16\,Aq.$$

10. Le sulfate de zinc et de potasse,

$$\ddot{Z}n\,\dddot{S}^2 + \ddot{K}\dddot{S}^2\ 12\,Aq.$$

11. Le sulfate de zinc et d'ammoniaque,

$$\ddot{Z}n\,\dddot{S}^2 + 2\,\dot{N}H^6\dddot{S} + 16\,Aq.$$

12. Le sulfate de nickel et de potasse,

$$\ddot{N}i\,\dddot{S}^2 + \ddot{K}\dddot{S}^2\ 12\,Aq.$$

13. Le sulfate de nickel et d'ammoniaque,

$$\ddot{N}i\,\dddot{S}^2 + 2\,\dot{N}H^6\dddot{S} + 16\,Aq.$$

14. Le sulfate de cadmium et de potasse.

15. Des cristaux qui contiennent du sulfate de potasse et plusieurs de ces sept sulfates. Leur formule minéralogique est $\ddot{R}\dddot{S}^2 + \ddot{K}\dddot{S}^2 + 12\,Aq.$

16. Des cristaux qui contiennent du sulfate d'ammoniaque et plusieurs de ces sept sulfates :

$$\ddot{R}\dddot{S}^2 + 2\,\dot{N}H^6\dddot{S}\,Aq\ 2 + 12\,Aq.$$

La forme de ces sels se trouve décrite par M. Haüy, *Traité*. III., pl. LXXIII, fig. 116. Je n'ai jamais observé le plan *t*. A l'exception de celui-là, on trouvera toutes les autres variétés entre les cristaux de chaque sel.

La formule cristallographique ou minéralogique pour ceux qui contiennent du sulfate de potasse est :

$$\ddot{R}\dddot{S}^2 + \ddot{K}\dddot{S}^2 + 12\,Aq;$$

et pour ceux qui contiennent du sulfate d'ammoniaque :

$$\ddot{R}\dddot{S}^2 + 2\,\dot{N}H^6\dddot{S}Aq^2 + 12\,Aq.$$

Par des recherches antérieures qui sont encore confirmées par ces sels doubles, j'ai trouvé que, dans les formules minéralogiques ou cristallographiques, $\dot{N}H^6\dddot{S}Aq^2$ peut être remplacé par $\ddot{K}\dddot{S}^2$.

Extrait *d'une Lettre de M.* Berzelius *à M.* Berthollet.

Dans les prussiates ferruginés, le fer est toujours en forme de protoxide, et l'autre base contient deux fois autant d'oxigène que le protoxide de fer. L'acide de ces sels est l'acide prussique, composé comme M. Gay-Lussac nous l'a appris. Les prussiates ferruginés qui ont la propriété d'effleurir, tels que ceux de potasse, de baryte et de chaux, perdent leur eau dans le vide, à la température ordinaire de l'atmosphère ; le sel effleuri n'est plus un prussiate, c'est un cyanure double, qui ne contient plus ni oxigène ni hydrogène. Lorsqu'on fait brûler les cyanures doubles de fer et de potassium ou de fer et de barium, moyennant l'oxide noir de cuivre, les gaz qui en résultent sont formés de trois volumes de gaz acide carbonique, et de deux volumes de gaz azote. Un volume de gaz acide carbonique reste combiné avec la

base, et forme avec elle une espèce de sel double composé de carbonate et de (*sit venia verbo*) cuprate de potasse et de baryte. Le cyanure double de fer et de plomb donne les gaz dans les proportions de deux volumes de gaz acide carbonique et d'un volume de gaz azote. Dans ces combustions, on n'obtient que des traces d'eau inséparables des substances pulvérisées, mais qui ne remontent qu'à 1 ou 2 milligrammes d'un tiers ou de la moitié d'un gramme de cyanure employé. Le prussiate ferrugíné d'ammoniaque ne se laisse point réduire à un cyanure; il est composé de prussiate de fer oxidulé et de prussiate d'ammoniaque. Distillé, il donne du prussiate d'ammoniaque et un peu d'eau formée par la conversion du prussiate de fer en cyanure. Ce cyanure se décompose ensuite, et donne du gaz azote en laissant pour résidu un carbure de fer composé de 4 atomes de carbone et d'un atome de fer. Ce carbure présente un phénomène bien remarquable : lorsqu'on le chauffe à rouge il prend feu et paraît brûler comme dans le gaz oxigène, quoique le gaz qui l'entoure ne soit que du gaz azote, et quoiqu'il n'éprouve aucune altération. Le feu est analogue à celui qui se manifeste sur l'oxide de chrôme, l'oxide de fer, la zircone, etc., lorsqu'on les chauffe à rouge. On remarque ce même phénomène dans la distillation de presque tous les prussiates ferruginés métalliques; mais aucun ne le donne aussi brillant que le prussiate d'ammoniaque ferruginé. Presque tous les prussiates ferruginés se dissolvent dans l'acide sulfurique concentré sans en éprouver aucune décomposition. En laissant l'acide attirer l'humidité de l'air, il dépose souvent en forme cristalline une combinaison de l'acide sulfurique avec le prussiate,

un sel acide avec deux bases et deux acides. Je croyais d'abord que ces sels se formaient de cyanures et d'acide sulfurique ; mais comme le prussiate acide de protoxide de fer (acide prussique ferrugine de Porret) produit le même phénomène, il est bien évident que ces bases y doivent être oxidées, et que le cyanure y est combiné avec de l'hydrogène. — Ces expériences font l'objet d'un long Mémoire qui est imprimé à présent dans les *Mémoires de l'Académie*. Je le communiquerai à M. Gay-Lussac aussitôt que je l'aurai traduit. — M. Lindbergson vient de trouver une nouvelle substance dans les pierres urinaires ; c'est l'urate de soude. M. Rose jeune, chimiste de Berlin, qui dans ce moment travaille dans mon laboratoire, vient de trouver que toutes les espèces de mica qu'il a pu se procurer contiennnent de l'acide fluorique. Deux espèces natives de la Suède en contiennent beaucoup. J'enverrai de beaux échantillons de ces espèces pour être examinés par M. Biot.

SUR *les Propriétés optiques de la chaux carbonatée magnésifère, vulgairement nommée* Bitterspath.

PAR M. BIOT.

LA chaux carbonatée magnésifère avait été regardée par les minéralogistes comme une simple variété de la chaux carbonatée rhomboïdale d'Islande, jusqu'à l'époque où M. Wollaston, ayant soumis plusieurs cristaux de cette substance à l'épreuve du goniomètre à réflexion

qu'il avait inventé, leur trouva des angles sensiblement et constamment différens de ceux que présentent les rhomboïdes de chaux carbonatée pure (1). La différence lui parut être de 1°.15′; et quiconque a éprouvé la grande précision que ce genre d'observation comporte, ainsi que l'extrême habileté du Dr Wollaston, ne saurait avoir de doute sur ce résultat. Je desirais depuis long-temps examiner si ces deux substances différeraient aussi dans leurs propriétés optiques; et la rigueur avec laquelle on peut déterminer la double réfraction, par la méthode des coïncidences que j'ai exposée dans le volume de l'Académie qui vient de paraître, me faisait espérer de découvrir les moindres inégalités qui pourraient exister entre elles sous ce rapport. Mais j'ai long-temps été arrêté par le manque d'échantillons de chaux carbonatée magnésifère, qui me parussent assez purs pour pouvoir être soumis avec certitude à une épreuve aussi délicate. Enfin, j'ai été assez heureux pour m'en procurer de si parfaitement limpides, qu'ils ne m'ont rien laissé à desirer. J'en ai extrait une partie de diverses masses de talc vert transparent venant du Saint-Gothard. D'autres m'ont été fournis par le commerce, et j'ai lieu de penser qu'ils viennent de la vallée de Traversella en Piémont. Enfin, j'en ai reçu d'autres encore de la plus grande beauté, que je dois à l'obligeance de M. le professeur Plana, de Turin. Ayant clivé moi-même ces divers morceaux avec beaucoup de soin, j'en ai tiré un grand nombre de rhomboïdes dont les arêtes et les faces

---

(1) *Transactions philosophiques* de 1812, page 159.

étaient d'une netteté parfaite. Les angles de ces rhomboïdes, mesurés par la réflexion de la lumière, se sont trouvés de 106°.15′ et 73°.45 ; ce qui est précisément conforme aux valeurs que le D[r] Wollaston avait assignées. J'ai ensuite déterminé la pesanteur spécifique des mêmes morceaux à la température de 21°,25 de la division centésimale, et je l'ai trouvée de 2,9264, par conséquent plus forte que celle de la chaux carbonatée pure, qui est 2,71409, suivant les expériences de Malus. Enfin, desirant connaître exactement la composition de ces échantillons, j'ai prié M. Pelletier de vouloir bien en faire l'analyse ; et ce jeune chimiste, dont le zèle autant que l'exactitude sont bien connus, y a trouvé les élémens suivans :

Chaux carbonatée,	51.00 ;
Magnésie carbonatée,	44.32 ;
Fer carbonaté,	4.68.
	100.00.

Si l'on comparait ces proportions à celles que M. Klaproth a indiquées dans plusieurs analyses de chaux carbonatée magnésifère, on pourrait être surpris d'y voir une quantité beaucoup plus grande de magnésie carbonatée ; mais on sait aujourd'hui que la méthode dont M. Klaproth faisait usage ne pouvait séparer entièrement la magnésie de la chaux. MM. Murray, Lonchamps, Gay-Lussac ont donné depuis des procédés pour opérer cette séparation d'une manière plus complète. M. Pelletier a suivi la méthode de M. Lonchamps, en y appliquant les analyses de M. Gay-Lussac ; et les proportions de car-

bonate de magnésie et de chaux qu'il a ainsi obtenues s'accordent presque identiquement avec celles que M. Murray a reconnues dans la chaux carbonatée magnésifère de Newton Stewart en Galloway. Seulement l'analyse de M. Murray offre une petite perte qui répond vraisemblablement en partie à la petite quantité de fer que M. Pelletier a trouvée. L'accord de ces deux chimistes dans tout le reste semble prouver à la fois l'exactitude des méthodes dont ils ont fait usage, et la constance de composition du minéral sur lequel ils ont opéré. Ayant ainsi constaté que ces échantillons différaient de la chaux carbonatée pure par les angles de leurs faces, par leur pesanteur spécifique et leur composition chimique, j'aurais pu me borner à observer les deux réfractions de quelques-uns d'entre eux, et à les comparer aux résultats que Malus a donnés dans les Mémoires de l'Académie, pour la chaux carbonatée pure; car les personnes qui ont connu les soins qu'il avait mis à ces déterminations, et celles même qui, sans les avoir connus, ont seulement examiné de bonne foi les détails qu'il en donne, ne peuvent être tentées de les supposer inexactes. Toutefois, comme un physicien étranger d'un grand mérite a cru devoir élever des doutes à cet égard, j'ai voulu, pour bannir toute incertitude, mesurer de nouveau la double réfraction du spath d'Islande pur, par la méthode des coïncidences. Les échantillons dont j'ai fait usage, et que je dois à la bienveillante intervention de M. le comte de Bournon, ont été tirés d'un morceau d'une limpidité parfaite, appartenant au cabinet particulier du Roi, et qui vient certainement d'Islande. Leur clivage, remarquablement net et facile, m'a donné de beaux rhomboïdes, dont les angles dièdres, mesurés par la réflexion

de la lumière, se sont trouvés de 105°.5′ et 74°.55′; ce qui est encore précisément conforme aux valeurs obtenues d'abord par M. Wollaston, et ensuite par Malus, à l'aide de procédés également précis.

Ces premiers élémens étant déterminés pour les deux substances que je me proposais de comparer entre elles sous les rapports optiques, j'ai fait tailler divers prismes de l'une et de l'autre suivant des directions connues relativement à leur axe; et, en les soumettant à la méthode des coïncidences j'en ai tiré les résultats suivans.

Pour la chaux carbonatée pure, j'ai obtenu des valeurs presque exactement égales à celles de Malus. La différence serait de $\frac{1}{240}$ sur la vitesse ordinaire, et de $\frac{1}{300}$ sur la plus petite vitesse extraordinaire, ce qui produit $\frac{1}{70}$ sur la valeur du coëfficient qui exprime la différence des carrés des vitesses. Il fallait toute l'habileté de Malus pour obtenir une si grande exactitude par des procédés qui exigeaient qu'il observât seulement à travers des plaques à faces parallèles, et qui ne lui permettaient ainsi de mesurer que de très-petits écarts entre les rayons diversement réfractés.

La chaux carbonatée magnésifère de Traversella, analysée par M. Pelletier, étant soumise aux mêmes épreuves, m'a donné une vitesse ordinaire un peu plus forte que la chaux carbonatée pure, et au contraire une vitesse extraordinaire plus faible. Le coëfficient qui mesure la différence des carrés des vitesses y est exprimé par 0,581, tandis qu'il l'est par 0,543 dans la carbonatée pure; et ces évaluations ne comportent pas plus de deux ou trois

unités d'erreurs sur la dernière décimale (1). Il en résulte, qu'à égalité de circonstances, l'écart des faisceaux réfractés est plus grand de $\frac{1}{15}$ dans la première de ces substances que dans la seconde. Cette différence est sensible même à des épreuves grossières. Par exemple, dans des plaques perpendiculaires à l'axe et d'épaisseur égale, il en résulte des anneaux colorés d'inégales dimensions; et dans les prismes de même angles taillés suivant des directions pareilles, il en résulte, sous la même incidence, des déviations inégales. Mais la méthode des coïncidences, en donnant la mesure précise de cette inégalité, rend son existence indubitable.

Les morceaux de chaux carbonatée magnésifère que j'avais extraits du talc vert, étant soumis aux mêmes épreuves, ont donné des résultats analogues; c'est-à-dire que la vitesse ordinaire s'y est trouvée plus forte que dans la chaux carbonatée pure et la vitesse extraordinaire plus faible. Mais la différence a été plus sensible encore qu'avec les premiers échantillons; car le coefficient qui exprime la différence des carrés des vitesses a été de 0,591 au lieu de 0,581 que j'avais trouvé d'abord. Il en résulte donc que cette chaux carbonatée magnésifère exerce une double réfraction plus forte de $\frac{1}{13}$ que la chaux carbonatée pure, et plus forte de $\frac{1}{59}$ que la chaux carbonatée magnésifère dont j'avais fait d'abord usage. La petite quantité

---

(1) Je suppose de tels écarts possibles, parce que je n'ai pas encore eu le temps de calculer toutes mes expériences, et de prendre des moyennes entre les résultats qu'elles donnent; de-sorte que les évaluations que je rapporte ici ne sont déduites que d'un petit nombre d'observations.

que j'en ai obtenue ne m'a pas permis de la soumettre à l'analyse chimique; il eût été bien intéressant de savoir si elle contenait des proportions de magnésie différentes de la première. Je me propose du moins d'examiner si les rhomboïdes que l'on peut extraire de ces deux variétés, par le clivage, présenteraient quelque différence appréciable entre leurs angles dièdres; mais si la différence totale de ces angles à ceux de la chaux carbonatée pure est seulement de 1° 15′, il faut s'attendre que la différence de cette différence, si elle existe, devra être beaucoup moindre. Il deviendra donc nécessaire pour la déterminer de donner, s'il se peut, encore plus de délicatesse et de sûreté au procédé de la mesure des angles par la réflexion de la lumière. J'essaierai plus tard de consacrer à cette recherche le temps et les soins qu'elle exige, si, toutefois, elle ne dépasse point les limites d'exactitude que permet d'atteindre le simple poli naturel des surfaces clivées. En attendant, les expériences que je viens de rapporter étant jointes à celles que j'ai consignées dans mon dernier Mémoire, établiront deux résultats essentiels pour la connaissance de l'action que les corps cristallisés exercent sur la lumière : le premier est que toutes les fois qu'une substance limpide, et régulièrement cristallisée dans toutes ses parties, offre des élémens chimiques différens d'une autre quant à leur proportion ou à leur nature, elle en diffère aussi par la double réfraction qu'elle exerce; et le second est que, dans le cas particulier de la chaux carbonatée magnésifère, et de la chaux carbonatée pure, cette différence de composition et de réfraction double correspond à une différence de forme que le goniomètre à réflexion fait apprécier.

Extrait *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 22 *mai* 1820.

M. Percy fait un rapport verbal sur l'ouvrage de M. Vacca *relatif à la ligature des artères.*

M. Vallier transmet un Mémoire de son frère sur un projet qui a de la ressemblance avec celui de M. Peixhans.

M. le Dr Gerardin lit un *Mémoire sur la Fièvre jaune, considérée dans sa nature.* Il annonce un second Mémoire sur le même objet, pour la séance prochaine.

Séance du lundi 29 *mai.*

M. Barriol présente un boulet à lame capable de détruire tout ce qui sert à la manœuvre d'un vaisseau, avec le procès-verbal de l'expérience qui avait été faite en l'an 13.

M. Philippe adresse à l'Académie un *Mémoire sur les moyens de simplifier les machines à vapeur destinées à élever l'eau*, avec un dessin explicatif. (Renvoyé à une Commision.)

M. de Laplace annonce que le fondateur anonyme des trois prix de statistique, de physiologie expérimentale et de mécanique, desire ajouter une somme de 7000 fr. à celle qu'il a déjà donnée pour le prix de physiologie.

L'Académie accepte cette offre avec reconnaissance,

et le Bureau fera les démarches ordinaires pour obtenir l'autorisation du Gouvernement.

M. Gerardin lit son *second Mémoire sur la Fièvre jaune.* (Il sera fait un rapport à ce sujet.)

M. Dupin fait un *rapport sur le moyen proposé par M. Pottié pour retirer de l'eau les bâtimens submergés.*

Les conclusions du rapport sont que l'Académie peut accorder des encouragemens à M. Pottié, et l'engager à continuer de s'occuper du sujet auquel il travaille depuis long-temps, et à rendre ses procédés utiles par la pratique.

M. Desmoulins lit un Mémoire intitulé : *Du Système nerveux sous les rapports de volume et de masse dans le marasme non sénile.*

Séance du lundi 5 juin.

M. Paris annonce l'envoi d'une nouvelle machine hydraulique très-propre à dessécher les marais et à remplir les canaux.

M. Boilleau fils dépose un paquet cacheté contenant des dessins et modèles pour instrumens de musique.

M. Vauquelin, au nom d'une Commission, fait un rapport sur le *Mémoire* de MM. Pelletier et Caventou *ayant pour objet l'analyse chimique de quelques plantes de la famille des colchicées.* (Le Mémoire a été inséré en entier dans le Cahier précédent.)

Les conclusions du rapport sont que le Mémoire mérite d'être imprimé dans le *Recueil des Savans étrangers.*

Au nom d'une Commission, M. Cauchy fait un rapport sur un *Mémoire relatif aux propriétés projectives*

des sections coniques, par M. Poncelet, capitaine du Génie.

Le Mémoire a paru digne de l'approbation de l'Académie et de l'insertion dans le *Recueil des Savans étrangers*; mais il nous serait impossible d'en donner ici même un aperçu, sans entrer dans des détails qui nous sont interdits par la nature de ce journal.

On lit un *Mémoire* de M. Benoiston de Châteauneuf *sur la Mortalité produite par les affections du système pulmonaire*.

Le dépouillement des registres mortuaires de la ville de Paris pour les années 1816, 1817 et 1818, fait avec beaucoup de soin, donne 62441 décès, sur lesquels :

604 ont été causés par l'asthme ;
1894 par les pleurésies et péripneumonies ;
4259 par des catarrhes ;
6971 par la phthisie.

Total, 13728.

Les maladies du système pulmonaire forment donc plus du quart des décès qui ont lieu dans Paris, et elles se partagent entre elles de la manière suivante :

L'asthme enlève un individu sur	100 ;
Les fluxions de poitrine, un sur	33 ;
Les catarrhes, un sur..........	15 ;
La phthisie, un sur..........	9.

On pense généralement que l'automne est l'époque de l'année la plus fatale aux phthisiques ; l'auteur du Mé-

moire a voulu voir jusqu'à quel point cette opinion est fondée; voici les résultats de ses recherches :

Année commune, déduite de 1816, 1817 et 1818,

Printemps,	1892 décès dus à la phthisie;
Eté,	1621;
Automne,	1723;
Hiver,	1735.

On voit que, dans Paris du moins, l'automne n'est pas la saison où la phthisie enlève le plus de personnes; mais, au contraire, qu'il en meurt davantage au printemps.

Sous le rapport du sexe, il succombe, dans la ville de Paris, par la phthisie, un tiers de femmes, à-peu-près, de plus que d'hommes; mais, dans les villages autour de Paris, la mortalité se partage également entre les deux sexes : la proportion totale, du reste, n'y est pas la même que dans la ville; au lieu d'être de 1 sur 9, elle ne monte qu'à 1 sur 11. Par-tout, au-dehors, comme dans l'intérieur de Paris, l'âge de dix à cinquante ans est celui où la phthisie exerce le plus de ravages.

On lit un *Mémoire* de M. Desparbès *sur la manière d'obtenir de la potasse, en France, en quantité suffisante, pour la consommation.*

M. D'Hombres-Firmas envoie une note et des tableaux explicatifs des additions qu'il a faites au plan d'observations météorologiques de M. Ramond.

Séance du lundi 12 *juin.*

Au nom d'une Commission, M. Chaptal fait un rapport sur le *Mémoire* de M. Aubergier *relatif à la culture*

de la vigne, *et à l'art de faire le vin.* (*Voyez*, plus bas, une analyse du *Mémoire* de M. Aubergier.)

M. Huzard lit une *Note sur la vente des laines de Rambouillet, et sur le prix des béliers mérinos en* 1820.

Les laines provenant de la dépouille du troupeau ont été vendues 4 francs 5 centimes le kilogramme, en suint, et en outre les frais de vente.

La laine d'agneau a été vendue 3 francs 50 centimes le kilogramme, aux mêmes conditions.

Le bélier le plus cher a été vendu 1510 francs, y compris les frais de vente.

Le bélier le moins cher a été payé 328 francs.

La brebis la plus chère a été vendue 231 francs.

La moins chère................ 113 francs.

M. Brizé-Fradin lit un *Mémoire sur des Sphères destinées à l'instruction publique, et qui sont supportées par des aimans.*

M. Recordon adresse la *Description d'un nouveau cabestan.* (Une Commission l'examinera.)

M. Biot, au nom d'une Commission, fait un rapport sur les expériences de M. Savart. (*Voyez*, plus haut, le Mémoire en entier.)

Séance du lundi 19 *juin.*

M. Duméril rend compte du *Mémoire* de M. Jules Cloquet *sur les Voies lacrymales des serpens.*

On avait observé de tout temps, car Aristote le dit d'une manière expresse, que les serpens n'ont pas de paupières; que la surface de leurs yeux est toujours

sèche; et tous les auteurs ont écrit depuis que ces animaux n'ont pas de larmes. C'est par une série de recherches anatomiques décrites soigneusement, à l'aide d'un grand nombre de préparations habiles, et de figures exactes qu'il a dessinées lui-même, que M. Jules Cloquet vient combattre cette opinion.

Il résulte de son Mémoire que, loin d'être privés de larmes et des organes propres à les sécréter, et à les porter au-dehors de l'œil, les serpens ont beaucoup d'humeur lacrymale au-devant de l'œil, *qui est mobile sous une paupière transparente et fixe*, et que la présence des larmes et de la conjonctive qui a la forme d'un sac facilite beaucoup ce mouvement.

M. Moreau de Jonnès continue la lecture de son *Mémoire sur la Fièvre jaune.*

Voici le *Tableau chronologique et géographique* que M. Moreau de Jonnès a dressé *des principales irruptions de la fièvre jaune :*

ZONE TORRIDE.

LATITUDE.	LIEUX.	ÉPOQUES.
8°. S.	Fernambouc (Brésil).	1684.
3°. 30′ S.	Guayaquil (Pérou).	1740.
4°. N.	Cayenne (Guyane).	1764, 1765, 1766, 1798.
6°.	Surinam (*Idem.*)	1763.
8°.	Panama (Terre Ferme).	1514, 1740.
10°.	Carthagène (Ne-Gren.)	1744.
11°.	Porto-Cabello (*Idem.*)	1793, 1802.
	Sainte-Marthe (*Idem.*)	1729.
	Curaçao (Iles du Vent.)	1750, 1760.
	Tabago (Antilles).	1793, 1802.
12°.	La Grenade (*Idem.*)	1793.

LATITUDE.	LIEUX.	ÉPOQUES.
13°. N.	La Barbade (Antilles).	1647, 1665, 1696, 1701, 1723, 1733, 1766, 1767.
	Sainte-Lucie (*Idem.*)	1691, 1767, 1802.
14°.	La Martinique (*Idem.*)	1669, 1682, 1690, 1694, 1697, 1703, 1706, 1735, 1751, 1762, 1770, 1793, 1796, 1802, 1803, 1804, 1805, 1806, 1807, 1808, 1809, 1819.
15°.	La Guadeloupe (*Id.*)	1635, 1648, 1653, 1802, 1803, 1805, 1807, 1816.
	La Dominique (*Id.*)	1793.
	Le Sénégal (Afrique).	1778.
16°.	Mont-Serrat (Antilles).	1799.
17°.	Sainte-Croix (*Idem.*)	1640.
	Saint-Christophe (*Id.*)	1652, 1653.
	Antigue (*Idem.*)	1765, 1766.
	Nièvre (*Idem.*)	1706.
18°.	Sto-Domingo (S.-Dom.)	1503, 1585, 1793, 1802.
	Porto-Ricco (Antilles)	1508.
	La Jamaïque (*Idem.*)	1691, 1704, 1750, 1791, 1793, 1819.
19°.	Isabelle (S.-Domingue).	1494, 1495, 1496.
	Port de Paix (*Idem.*)	1691.
	Cap Français (*Idem.*)	1705, 1733, 1734, 1743, 1755, 1793, 1801, 1802,
	La Vera-Cruz (Mexiq.)	1725, 1762, 1794, 1799, 1801, 1802.
23°.	Cuba (Antilles).	1762, 1793, 1794, 1819.

ZONE TEMPÉRÉE BORÉALE.

LATITUDE.	LIEUX.	ÉPOQUES.
28°. N.	Les Canaries (Afrique).	1810, 1811.
29°.	La N.-Orléans (Et.-Un.)	1795, 1819.
30°.	Pensacola (Amér. esp.)	1765.

LATITUDE.	LIEUX.	ÉPOQUES,
32°. N.	Charleston (Et.-Un.)	1700, 1732, 1739, 1745, 1748, 1792, 1794, 1795, 1796, 1797, 1799, 1800, 1801, 1807, 1817 1819.
36°.	Cadix (Espagne).	1705, 1731, 1733, 1744, 1746, 1764, 1800, 1804, 1810, 1819.
	Gibraltar (*Idem.*)	1804, 1814.
	Malaga (*Idem.*)	1741, 1803, 1804.
	Norfock (Etats-Unis.)	1741, 1747, 1795, 1797, 1800, 1801.
37°.	Carthagène (Espagne).	1804, 1810, 1812.
	Séville (*Idem.*)	1800, 1801, 1819.
	Pétersbourg (Ét.-Un.)	1798.
	Murcie (Espagne).	1812.
38°.	Alexandrie (Etats-Un.)	1798.
	Alicante (Espagne).	1804.
39°.	Philadelphie (Et.-Un.)	1699, 1741, 1747, 1762, 1793, 1794, 1796, 1798, 1801, 1802.
	Wilmington (*Idem.*)	1798, 1802.
	Baltimore (*Idem.*)	1794, 1797, 1800.
40°.	New-York (*Idem.*)	1702, 1743, 1791, 1795, 1796, 1798, 1799, 1800, 1801, 1802, 1819.
41°.	New-Haven (*Idem.*)	1743, 1794.
	Bristol et Provid. (*Id.*)	1795, 1796, 1797.
42°.	Boston (*Idem.*)	1796, 1797, 1798, 1799.
43°.	Portsmouth (*Idem.*)	1798.
	New-Bury (*Idem.*)	1799.
43° $\frac{1}{2}$.	Livourne (Italie).	1804.

ZONE TORRIDE. . . . . 101 } *Irruptions.*
ZONE TEMPÉRÉE. . . . . . 90 }

TOTAL. . . . . 191.

Il résulte de ce tableau qu'il y a eu, dans l'espace de 325 ans, au moins 191 grandes irruptions de la fièvre

jaune ; et il n'est pas sans vraisemblance qu'on ne pût acquérir la connaissance d'un nombre beaucoup plus considérable, par des recherches plus étendues, et plus de facilités pour le faire avec succès.

Il suffit toutefois de ce premier aperçu pour établir qu'il n'y a aucun fondement historique et géographique dans la double opinion que la fièvre jaune est une maladie nouvelle et bornée aux contrées de la zone torride.

M. Lisfranc lit un *Mémoire sur diverses amputations dans les articulations.*

Séance du lundi 26 juin.

On annonce la perte que les sciences ont faite dans la personne de Sir Joseph Banks, président de la Société royale de Londres, et l'un des huit associés étrangers de l'Académie.

On lit un *Mémoire* de M. Fleuriau de Bellevue *sur les Pierres météoriques.* (Nous en donnerons un extrait.)

M. Girard lit un Mémoire intitulé : *Recherches sur les canaux de navigation considérés sous le rapport de la chute et de la distribution de leurs eaux.* (Ce Mémoire paraîtra dans le prochain Cahier.)

NOTE *sur la Préparation du phosphore.*

PAR M. JULIEN JAVAL.

DANS les ouvrages de chimie, où l'on traite de la préparation du phosphore, il est dit que l'on obtient ce

corps par la distillation d'un simple mélange d'acide phosphorique et de charbon.

M'étant proposé de préparer du phosphore d'après ce procédé, j'introduisis un mélange de charbon et d'acide dans une cornue de grès que je disposai dans un fourneau à réverbère. Après deux heures d'un feu ardent, je fus fort étonné de ne voir que des atomes de phosphore dans le récipient. Ayant cassé la cornue, je trouvai une grande quantité d'acide phosphorique condensée dans le col. Le résidu de l'opération était du charbon qui ne contenait pas sensiblement d'acide.

Je cherchai à varier cette expérience, et j'employai, au lieu d'acide phosphorique pur, de l'acide phosphorique provenant des os, et qui ne renfermait qu'une petite quantité de chaux, parce que le sous-phosphate des os avait été traité par un excès d'acide sulfurique. J'obtins, dans cette expérience, un peu plus de phosphore que dans la précédente : cependant le produit était encore bien loin de correspondre avec la quantité d'acide employée. Je trouvai d'ailleurs beaucoup d'acide phosphorique condensé dans le col de la cornue.

En réfléchissant sur ce résultat inattendu et qui était en contradiction avec l'opinion reçue, je fus conduit à penser que la volatilité de l'acide phosphorique, qui est plus grande qu'on ne le croit généralement, était la seule cause qui s'opposait à sa décomposition par le charbon.

J'essayai donc de favoriser l'action du charbon sur l'acide phosphorique, en augmentant la fixité de ce dernier. A cet effet, je pris une quantité d'acide phosphorique égale à celle que j'avais employée dans la première expérience, et j'y dissolvis du phosphate neutre de chaux jus-

qu'à saturation. J'obtins ainsi un bi-phosphate de chaux qui, mêlé avec un excès de charbon et chauffé à-peu-près au même degré que l'acide phosphorique dans la première expérience, produisit un dégagement considérable de phosphore, sans donner lieu sensiblement à de l'acide phosphorique sublimé. Le succès de cette expérience acheva de me confirmer dans mon opinion, et je n'hésitai plus d'attribuer à la volatilité de l'acide phosphorique les résultats des deux premières expériences.

En appliquant ces observations à la préparation du phosphore, on voit qu'il y aurait de l'avantage à n'employer, pour la décomposition du sous-phosphate de chaux des os, que la quantité d'acide sulfurique nécessaire pour changer ce sel en bi-phosphate. Cette quantité d'acide sulfurique peut être évaluée aux $\frac{2}{5}$ environ du poids des os calcinés. Si cependant on dépassait ce terme, et que l'on eût du bi-phosphate, plus une certaine quantité d'acide phosphorique, il conviendrait de s'y prendre de la manière suivante pour empêcher qu'une portion d'acide n'échappât à la décomposition. On recouvrirait alors le mélange dans la cornue d'une couche de charbon, et l'on aurait soin de porter au rouge la partie supérieure avant de commencer à chauffer par-dessous : de cette manière l'acide, en se volatilisant à travers du charbon rouge de feu, éprouverait une décomposition complète.

Les faits que l'on vient de présenter étaient de nature à ne pas échapper aux personnes qui ont occasion de préparer du phosphore. Si cependant ces faits n'ont point été observés, cela tient à ce que l'on opère ordinairement sur de grandes quantités d'acide phosphorique, et qu'alors les effets dont j'ai parlé ne sont point aussi saillans que

lorsque l'opération se fait en petit. En effet, si la quantité du mélange est considérable, l'acide qui se trouve près de la surface est le seul qui se volatilise avant d'être décomposé. Celui qui est répandu dans les parties inférieures ne peut se sublimer qu'en traversant plusieurs couches de charbon ; et comme ce dernier corps est toujours en excès, il opère complètement la décomposition de l'acide phosphorique.

Les observations précédentes m'ayant paru propres à éclairer la théorie de la préparation du phosphore, j'ai cru qu'il ne serait point inutile de les faire connaître.

EXTRAIT *d'un Mémoire de M.* Aubergier, *pharmacien à Clermont-Ferrand, sur l'Eau-de-vie de marc de raisin* (1).

ON avait pensé jusqu'à présent que l'odeur et le goût âcre et pénétrant des eaux-de-vie de marc étaient dus à une huile qui, suivant quelques-uns, se formait pendant la distillation, et qui, suivant d'autres, existait toute formée dans les pepins du raisin. D'après les observations de M. Aubergier, cette huile aurait son siége

---

(1) Le Mémoire dont nous donnons ici l'extrait, et qui nous a été communiqué en manuscrit, a aussi pour objet la culture de la vigne et l'art de faire le vin ; mais les observations de l'auteur, très-bonnes d'ailleurs, étant particulières à l'Auvergne, nous n'avons pas cru devoir les imprimer dans ce journal. R.

dans la pellicule même du raisin, et les faits qu'il rapporte rendent son opinion vraisemblable.

Les pepins seuls, distillés avec l'alcool ou avec l'eau, ont donné une liqueur d'une saveur d'amandes très-agréable.

La grappe, distillée, n'a produit qu'une liqueur très-légèrement alcoolisée, n'ayant ni l'odeur ni la saveur de l'eau-de-vie de marc.

Mais l'enveloppe des grains de raisin, séparée des pepins et de la grappe, soumise seule à la fermentation et distillée ensuite, a donné une eau-de-vie tout-à-fait semblable à celle de marc.

Ainsi, il paraît démontré par ces expériences que c'est dans la pellicule du raisin que réside l'huile qui communique à l'eau-de-vie de marc ses mauvaises qualités.

M. Aubergier a obtenu cette huile en rectifiant de l'eau-de-vie de marc à une chaleur modérée. Les premières portions d'alcool qu'il recueillit avaient beaucoup moins d'âcreté que les suivantes : après avoir été rectifiées une seconde fois, elles en étaient presque entièrement exemptes; cependant des rectifications multipliées ne purent leur donner une saveur aussi agréable qu'à l'alcool retiré du vin.

Les dernières portions de liquide de chaque opération, réunies ensemble et distillées, donnèrent d'abord de l'alcool qui ne se troublait pas avec l'eau, et qui contenait peu d'huile; la portion qu'on obtint ensuite était transparente, mais elle se troublait lorsqu'on la mêlait avec l'eau : enfin la troisième portion, qui resta laiteuse jusqu'à la fin de l'opération, avait à sa surface une légère

couche d'huile, quoiqu'elle marquât 23° à l'aréomètre de Baumé.

En réunissant ce dernier produit au second, et leur ajoutant une quantité d'eau convenable pour les ramener à 15° de Baumé, la liqueur devint aussitôt très-opaque, et un quart d'heure après elle fut recouverte d'une assez grande quantité d'huile. Cent cinquante litres d'eau-de-vie en ont produit plus de trente-deux grammes.

Cette huile a les caractères suivans :

Elle est très-limpide et sans couleur au moment où on la sépare de l'alcool ; mais la lumière lui fait prendre, quelques instans après, une teinte légèrement citrine. Sa fluidité est très-grande ; son odeur est pénétrante, et sa saveur très-âcre et insupportable. Soumise à la distillation, les premières portions qui se volatilisent conservent leur arôme ; mais le produit ne tarde pas à contracter une odeur empyreumatique ; ce qui fait soupçonner à M. Aubergier qu'elle pourrait bien contenir une petite partie d'huile fixe propre au pepin de raisin (1) ; la liqueur contenue dans la cornue prend en même temps une couleur citrine qui s'augmente pendant l'opération, et laisse à la fin un charbon très-léger peu considérable. Elle se combine à l'eau dans la proportion d'un millième, et lui communique son odeur et son âcreté ; elle dissout le soufre lorsqu'elle est en ébullition et le laisse préci-

---

(1) Il n'est pas nécessaire, pour expliquer ce fait, d'avoir recours à la présence d'une huile fixe dans l'huile qu'on retire de l'eau-de-vie de marc ; car celle-ci, quoiqu'ayant de l'odeur et une saveur très-âcre, est cependant beaucoup moins volatile que les huiles essentielles. R.

piter par le refroidissement : enfin, avec les alcalis elle forme des savonnules. Cette huile est si âcre et si pénétrante, qu'il n'en faut qu'une seule goutte pour infecter cent litres de la meilleure eau-de-vie.

M. Aubergier conclut de ces observations que l'eau-de-vie d'Andaye et de Cognac est supérieure aux autres par cela seul qu'elle est le produit de la distillation d'un vin blanc qui, n'ayant pas fermenté sous la grappe, n'a pu se charger de l'huile contenue dans la peau du raisin. Il s'est en effet assuré que du moût, tiré d'une cuve avant que sa fermentation fût commencée, donne une eau-de-vie de meilleure qualité que celles provenant du même moût laissé en contact avec la pellicule, les pepins et la grappe, pendant tout le temps de la fermentation. Il conclut en conséquence que l'on augmenterait la valeur des eaux-de-vie en suivant ce procédé de fabrication. Il est même parvenu à retirer du marc, de l'eau-de-vie de très-bonne qualité, en faisant passer successivement de l'eau sur du marc pressé, jusqu'à ce qu'elle fût assez chargée de principes alcooliques pour être distillée. Comme l'eau n'avait pu enlever au marc toute sa partie vineuse, il a été distillé, et on a obtenu une eau-de-vie pareille aux eaux-de-vie de marc ordinaires.

M. Aubergier remarque que les alcools qu'on retire de divers fruits doivent leur odeur et leur saveur particulières à un principe volatil huileux qui se trouve ordinairement à la surface de chaque fruit, et qu'en enlevant cette surface, ils seraient tous à-peu-près semblables : qu'ainsi, en dépouillant les pommes, les poires, les prunes, les abricots, les pêches et l'orge même de leur

enveloppe, on en retirerait des eaux-de-vie presque entièrement dégagées de la saveur particulière à chaque fruit (1).

---

(1) L'huile qui donne à l'eau-de-vie de marc ses mauvaises qualités, et dont M. Aubergier place le siége dans la pellicule du raisin, a été observée depuis long-temps, ainsi qu'on peut le voir dans la *Pharmacie de Baumé ;* mais on n'était pas d'accord sur son origine, et on s'était peu occupé de ses propriétés. Plusieurs personnes attribuaient l'odeur et la saveur de l'eau-de-vie de marc à la distillation même, pendant laquelle le marc s'attachait aux parois des chaudières sur lesquelles il se carbonisait. Ce qui prouve, en effet, l'influence de cette cause, c'est qu'en distillant les marcs par les nouveaux procédés, c'est-à-dire, avec la vapeur d'eau, on obtient des eaux-de-vie bien plus agréables. Cependant il n'en est pas moins certain que l'eau-de-vie de marc contient une huile particulière odorante et très-âcre qui en altère beaucoup la qualité, et sur laquelle M. Aubergier a fait d'intéressantes observations.

Cette huile, par son odeur, son âcreté, sa propriété de ne point tacher le papier et de ne point se saponifier avec les alcalis, doit être rangée parmi les huiles essentielles; mais par son peu de solubilité dans l'alcool, sa propriété de brûler sans fumée, et par sa volatilité beaucoup plus faible que celle des huiles essentielles ordinaires, que j'ai constatée sur un échantillon de l'huile obtenue par M. Aubergier, et qui m'a été remis par M. Mirault, elle se rapproche aussi des huiles grasses.

Je ferai remarquer, pour détruire la confusion qui existe encore dans l'histoire des huiles essentielles, et qui souvent donne lieu à des erreurs, que toutes ces substances ne jouis-

Question *publiée dans la séance du* 3 *juillet* 1819, *pour le concours de l'année* 1822, *par la Classe des mathématiques de l'Académie royale des Sciences de Prusse.*

Parmi les cercles lumineux qui paraissent dans des temps où l'atmosphère n'est pas entièrement sereine, il n'y a que l'arc-en-ciel d'expliqué d'une manière satisfaisante, en tant que les phénomènes qu'il présente dépendent simplement des lois de la réfraction et de la réflexion de la lumière; mais ces couronnes lumineuses qu'on voit fréquemment autour des astres laissent encore desirer une explication plus complète et développée avec plus de précision que celles données jusqu'ici. Ne voulant

---

sent pas à beaucoup près de la même volatilité : la plupart bouillent à environ 160; mais il en est d'autres, comme celles du vin, de cassia, des grains, etc., qui bouillent beaucoup plus tard, et toujours avant les huiles grasses. Le caractère le plus important des huiles essentielles dérive donc moins de leur volatilité que de leur odeur et de leur âcreté, et il serait peut-être convenable de les diviser en deux groupes, d'après leur volatilité. Les plus volatiles peuvent être distillées seules, sans décomposition; mais les autres se décomposent en partie, et on ne parvient à les distiller que mêlées avec l'eau ou l'alcool.

On ne trouve point, en général, les huiles essentielles très-volatiles dans les mêmes parties des végétaux que les huiles grasses; mais les huiles essentielles peu volatiles, tenant le milieu entre ces deux espèces d'huiles, peuvent avoir un siége commun aux unes et aux autres. R.

rapporter les phénomènes des couronnes et des parhélies qu'à la réflexion et à la réfraction, et rechercher en conséquence la forme, la position et la structure intérieure convenable à des petits corpuscules supposés dans l'atmosphère, les efforts des physiciens n'ont été ni fort heureux ni bien conformes à la nature. C'est très-probablement à d'autres propriétés de la lumière qu'il faut attribuer les phénomènes de ces anneaux ; propriétés qui se soumettent également à des lois géométriques, et se manifestent dans les expériences des physiciens. Les recherches récentes sur la lumière ont jeté un grand jour sur des théories soupçonnées ou négligées, et tant avancé les connaissances sur ses modifications qu'il serait même possible qu'on n'envisageât plus le problême des anneaux comme susceptible d'une solution nouvelle. Cependant les résultats donnés jusqu'à présent paraissent peu complets et pas suffisamment exacts, et se trouvant encore trop peu comparés aux phénomènes, il est à desirer de voir développer davantage une théorie délicate, et son accord avec l'expérience mieux éprouvé par des observations multipliées et circonstanciées. L'Académie propose en conséquence, comme sujet de prix :

« Donner une explication mathématique et développée des couronnes lumineuses et colorées qu'on observe autour de la lune et du soleil, conforme aux expériences sur la lumière et à la constitution de l'atmosphère, et qui soit d'accord avec des observations aussi précises que la nature du phénomène peut l'admettre. »

Le terme de rigueur pour la rentrée des Mémoires est

le 31 mars 1822. Le prix de 50 ducats sera décerné dans la séance publique du jour anniversaire de Leïbnitz, le 3 juillet suivant.

Della *Cometa apparsa in luglio del* 1819, *etc.*; c'est-à-dire : *Observations et résultats de M.* Nicolas Cacciatore, *directeur de l'Observatoire royal de Palerme, sur la comète qui s'est montrée en juillet* 1819.

Dans l'introduction de l'opuscule dont je viens de traduire le titre, l'auteur donne les idées qu'il s'est formées sur la nature et l'origine des comètes : j'avoue que cette partie ne m'a paru ni assez neuve, ni assez satisfaisante pour exiger un extrait.

Les observations de la comète qui s'est montrée en 1819 ont été faites avec le beau cercle entier de Ramsden, que possède l'observatoire de Palerme; elles embrassent l'intervalle compris entre le 3 juillet et le 11 août, et se composent, chaque jour, de la hauteur et de l'azimuth de la comète. M. Cacciatore en a déduit ensuite les ascensions droites et les déclinaisons par le calcul. Les élémens paraboliques que ces observations fournissent diffèrent assez peu de ceux que M. Bouvard avait déjà obtenus, et qui ont été insérés dans les *Annales*, pour qu'il ne soit pas nécessaire de les transcrire ici.

M. Cacciatore annonce avoir aperçu des traces non équivoques de phases dans le noyau de cette comète. Voici la traduction littérale de tous les passages de sa brochure qui se raportent à ce genre d'observations :

« 5 juillet. La comète se voit avec exactitude, et pré-
» sente une phase semblable à celle de la lune dans son
» croissant. J'estime que le noyau, qui est bien distinct,
» soutend un angle d'environ 8″......

» 7 juillet. Le croissant du disque de la comète est
» très-distinct ; son diamètre me paraît être de 7″ ou 8″...

» 14 juillet. La phase de la comète a changé : le crois-
» sant s'est tourné vers le sud......

» 15 juillet au soir. Beau ciel ; comète bien distincte ;
» le croissant est vers le sud......

» 23 juillet, au soir. On n'aperçoit plus de croissant
» sur le disque de la comète......

» Depuis le 3 jusqu'au 23 juillet, la comète conserva
» une grande vivacité de lumière ; et son noyau, qui se
» distinguait très-aisément de la nébulosité dont il était
» entouré, ressemblait à la lune dans son croissant. Dans
» les premiers jours, le croissant paraissait placé, à très-
» peu près, dans la direction de la queue ; mais, le 15
» juillet, il s'était déjà tourné vers la région opposée à
» cette même queue.....

» Le 5 août. J'observai, au travers de la nébulosité,
» très-près du noyau, une étoile qui était tout au plus
» de dixième grandeur. »

Si les expressions de ce paragraphe laissaient quelque ambiguité, nous ajouterions que, dans les figures qui accompagnent le Mémoire de M. Cacciatore, la ligne qui joint les deux cornes du croissant *coïncide* avec la direction de la queue le 3 juillet, et lui est au contraire *perpendiculaire* le 15 du même mois.

Faut-il maintenant conclure de ces observations, comme le pense M. Cacciatore, que les comètes ne sont pas lumi-

neuses par elles-mêmes, et que leurs noyaux, leurs chevelures et leurs queues ne brillent jamais que de la lumière du soleil réfléchie ? Cette conséquence découlerait rigoureusement de ce qui précède, si les irrégularités dans la forme du noyau que M. Cacciatore a remarquées, étaient de véritables phases ; mais le contraire semble facile à prouver. On sait en effet que les queues des comètes sont toujours diamétralement opposées au soleil. Les parties les plus éloignées de ces traînées lumineuses offrent quelquefois de légères déviations ; dans aucun cas, on n'en observe de sensibles près du noyau. Il résulte de là que, si jamais une comète se présente avec des phases, la ligne de séparation d'ombre et de lumière devra être perpendiculaire à la direction de la queue, puisque cette direction est précisément celle des rayons solaires qui viennent éclairer le noyau. Le 15 juillet 1819, le croissant dessiné par M. Cacciatore était placé de manière à faire croire à l'existence d'une phase ; mais dix jours auparavant, le 5 juillet, la ligne des deux cornes *coïncidait*, au contraire, comme nous l'avons déjà dit, avec la direction de la queue, et dans ce cas, il est de toute évidence que l'irrégularité observée dans le disque tenait à la forme particulière de la comète, et ne dépendait en aucune manière de la position de cet astre à l'égard du soleil : ne pourra-t-on pas maintenant admettre que cette explication doit également s'appliquer à la prétendue phase du 15 juillet ? Les observations de M. Cacciatore prouvent donc seulement que les noyaux des comètes sont quelquefois très-irréguliers, et qu'en peu de jours ils changent sensiblement de forme ; mais elles n'éclaircissent point les doutes que les astronomes con-

servaient encore sur la nature de la lumière des comètes ; et cette intéressante question reste enveloppée dans la même obscurité.

Nouvelles *Observations sur la température de l'intérieur du globe.*

En rapportant les expériences faites dans différentes parties du globe sur l'accroissement de la température intérieure, nous avons oublié de citer le témoignage de M. Lampadius, professeur de chimie à l'Ecole des Mines de Freyberg. Comme ce savant visite très-fréquemment les immenses travaux souterrains qui entourent le lieu qu'il habite, son opinion sur cette matière est de quelque importance. Voici ce que dit M. Lampadius dans ses *Elémens d'Atmosphérologie*, publiés en allemand en 1806, tom. I, pag. 17.

« Il est certain que la chaleur augmente dans les mines » de l'Erzgebirge avec la profondeur. Des expériences » faites avec soin m'ont indiqué + 11°,8 centigr. à une » profondeur de 400 pieds, et + 27°,5 à la profondeur » de 900 pieds. Ces phénomènes sont constans, et ne » dépendent pas de l'influence accidentelle de l'oxidation » des métaux ; car l'air est aussi riche en oxigène là » où la température est la plus élevée qu'à la surface » même. »

NOTE *sur l'Application de l'eau oxigénée à la restauration des dessins gâtés par l'altération du blanc de plomb.*

PAR M. MÉRIMÉ.

M. THENARD, à qui les peintres sont déjà redevables d'une couleur bleue également brillante et solide, vient de rendre aux arts un nouveau service par la découverte d'un moyen de faire disparaître les taches noires qui se rencontrent fréquemment sur les anciens dessins, et qui proviennent de la combinaison du *blanc de plomb* avec le soufre.

On sait que le carbonate de plomb, exposé quelque temps à des vapeurs hydrosulfurées, devient noir parce qu'il se convertit en sulfure. Cette couleur, employée à l'huile, et surtout recouverte d'un vernis qui la défend du contact immédiat de l'air, peut se conserver pendant plusieurs siècles, ainsi que le prouvent les peintures du quinzième siècle; mais lorsque rien ne la préserve des vapeurs qui peuvent donner lieu à sa combinaison avec le soufre (comme dans la détrempe), il faut bien se garder d'en faire usage, si l'on veut avoir une peinture durable. Ces effets du blanc de plomb ont nécessairement été connus de ceux qui l'ont employé les premiers; aussi les anciens peintres ne se servaient que de blanc de craie dans leurs fresques. On peut croire, d'après cela, qu'ils l'employaient également dans leurs dessins; cependant il faut bien qu'ils n'aient pas toujours évité le blanc de plomb, ou que, dans des temps

postérieurs, quelques artistes moins instruits aient ravivé avec cette couleur les blancs effacés; car, dans les collections les mieux conservées, on voit une quantité plus ou moins grande de dessins d'anciens maîtres gâtés par des taches noires de blanc de plomb sulfuré.

Il n'est aucun de nos artistes qui n'aît eu occasion de voir plusieurs exemples de cette altération. Cependant ils se flattent probablement que leurs ouvrages ne seront jamais exposés aux vapeurs qui changent le blanc de plomb en noir; car ils l'emploient en détrempe comme à l'huile; et nos peintres en miniature n'en ont pas d'autre dans leur palette. Il est vrai que leurs ouvrages sont défendus par une glace soigneusement collée, par ses bords, à l'ivoire; mais, malgré ces précautions, combien de fois n'est-il pas arrivé que des miniatures aient été gâtées par l'effet d'émanations auxquelles on avait négligé de les soustraire!

Un de nos artistes les plus distingués, devenu possesseur d'un beau dessin de Raphaël, voyait avec beaucoup de peine que ce morceau précieux fût endommagé par des taches noires qui se trouvaient dans les parties rehaussées de blanc. Il eût pu gratter et repeindre avec beaucoup d'adresse les blancs altérés; mais il lui répugnait d'user d'un pareil remède. En amateur délicat, il préférait que son dessin restât vierge, avec sa rouille de vétusté, plutôt que de porter une légère atteinte à son originalité. Tourmenté entre ce sentiment de respect et le desir de faire disparaître les taches qui blessaient son œil, il espéra que la chimie, qui opère tant de prodiges, pourrait ramener à son premier état la couleur dont le peintre s'était servi, et il pria M. Thenard

de s'occuper de la solution de cet intéressant problême. Celui-ci, après quelques essais qui lui prouvèrent que les réactifs qui pouvaient agir sur le sulfure de plomb auraient également prise sur la couleur du papier, se ressouvint que parmi les nombreux phénomènes que lui avait présentés sa découverte de l'*eau oxigénée*, il avait remarqué la propriété qu'elle a de convertir instantanément le sulfure noir de plomb en sulfate qui est blanc. Dès-lors il fut assuré du succès : il remit de l'eau très-faiblement oxigénée (1) à l'artiste, qui en quelques coups de pinceau enleva, comme par enchantement, toutes les taches. Le papier coloré par une légère teinte de bistre n'a pas reçu la plus légère altération, et le dessin se trouve parfaitement restauré sans que la plus petite touche ait été ajoutée aux traits originaux de l'auteur.

---

(1) La liqueur contenait au plus cinq à six fois son volume d'oxigène : aussi n'avait-elle aucune saveur.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN. Barom. à 0°.	Therm extér.	Hygr.	MIDI. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	3 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	9 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	THERMOMÈTRE. maxim.	minim.	ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS.
1	752,60	+13,8	53	752,60	+16,0	53	752,10	+16,8	45	752,00	+ 9,2	88	+16,8	+ 7,8	Nuageux.	O.
2	752,83	+14,1	53	752,20	+16,8	48	752,20	+15,0	53	752,93	+ 9,7	81	+16,8	+ 7,5	Très nuageux.	S. O. fort.
3	754,48	+15,2	60	754,46	+16,2	58	754,45	+16,2	62	756,15	+11,7	81	+16,3	+ 5,2	Nuageux.	S. O.
4	757,48	+16,5	58	756,96	+18,4	51	756,77	+16,0	61	757,20	+11,7	86	+18,4	+ 8,8	Couvert.	S. O.
5	758,82	+15,8	61	758,83	+18,6	48	758,20	+19,8	51	757,30	+16,5	97	+19,8	+18,0	Très-nuageux.	O.
6	752,64	+15,0	84	752,96	+11,9	95	753,55	+11,2	90	755,34	+11,0	93	+15,0	+11,0	Pluie abondante.	O. N. O.
7	759,03	+13,8	66	759,14	+15,5	51	758,64	+16,0	53	758,03	+13,1	66	+16,8	+11,2	Quelques éclaircies.	N.
8	756,80	+14,0	61	757,02	+14,2	59	757,06	+13,9	62	756,92	+11,6	89	+14,3	+ 9,5	Couvert.	N. O.
9	754,46	+15,1	79	754,34	+17,7	67	753,87	+17,6	62	753,55	+14,1	79	+17,8	+11,7	Couvert.	O.
10	751,90	+13,0	72	751,96	+16,0	50	751,67	+15,5	45	751,96	+ 9,0	67	+16,0	+ 9,0	Très-nuageux.	O.
11	750,60	+14,8	53	750,37	+17,0	54	750,54	+16,8	51	750,54	+11,9	76	+17,0	+ 7,1	Très-nuageux.	S. O.
12	750,75	+15,2	65	750,97	+15,2	59	750,70	+17,1	57	751,64	+10,5	89	+17,6	+ 9,2	Pluie fine	S.
13	752,75	+11,2	83	752,98	+13,8	71	752,97	+14,2	67	754,50	+11,3	84	+14,3	+ 9,8	Pluie par intervalle.	O. N. O.
14	757,38	+15,0	65	757,86	+17,2	54	757,82	+16,8	52	758,60	+12,7	67	+17,3	+ 7,[illegible]	Très-nuageux.	N.
15	756,17	+14,8	71	755,30	+15,8	62	755,15	+14,0	72	756,13	+11,2	90	+15,8	+ 9,3	Couvert.	O.
16	757,96	+17,8	43	757,61	+19,2	41	757,35	+18,0	51	756,67	+14,6	80	+19,3	+10,1	Très-nuageux.	N. O.
17	756,32	+15,8	81	756,83	+18,1	59	757,38	+17,8	62	759,10	+12,2	72	+18,1	+11,8	Couvert.	O.
18	759,82	+17,6	64	759,90	+18,5	52	759,37	+19,9	46	759,00	+15,4	70	+19,9	+10,2	Très nuageux.	O.
19	753,98	+13,1	95	753,42	+18,5	83	753,56	+19,6	61	754,45	+12,8	80	[illegible]	+12,2	Couvert, pluie.	S. O.
20	754,42	+13,3	70	754,54	+16,0	64	754,53	+17,0	57	755,17	+12,4	76	+17,0	+ 8,8	Couvert.	S. O.
21	754,97	+17,0	60	755,58	+19,1	49	755,68	+20,5	46	757,46	+15,3	66	+20,5	+10,5	Très-nuageux.	O.
22	750,37	+19,8	49	760,48	+22,6	46	760,13	+22,9	43	760,97	+15,8	60	+23,3	+ 9,0	Nuageux.	O. faible.
23	762,09	+23,8	49	761,90	+23,8	49	761,32	+23,6	51	761,70	+19,3	71	+23,9	+11,8	Nuageux.	S. E.
24	762,44	+22,2	57	762,44	+24,2	52	761,97	+25,5	49	763,03	+22,4	43	+25,5	+12,8	Beau.	E.
25	764,97	+23,9	60	765,18	+26,5	51	764,76	+27,4	46	765,50	+23,1	58	+27,4	+15,5	Beau.	E.
26	766,61	+24,3	62	765,20	+27,5	45	765,40	+28,0	45	765,30	+23,8	63	+28,0	+16,8	Légers nuages.	E.
27	765,10	+24,1	68	764,63	+26,3	51	764,28	+26,5	47	764,45	+22,1	64	+26,5	+17,8	Nuageux.	N. E.
28	763,85	+23,9	60	763,30	+26,5	55	762,44	+27,5	48	761,45	+23,6	60	+27,5	+17,5	Superbe.	E.
29	760,18	+26,3	61	759,43	+27,3	54	757,25	+27,6	51	757,20	+22,5	66	+27,8	+16,0	Beau.	N. E.
30	753,93	+27,3	55	752,78	+28,4	45	751,86	+31,0	42	753,58	+21,8	74	+31,0	+15,8	Légers nuages.	E. S. E.
1	755,10	+14,6	65	755,05	+16,1	58	754,88	+15,8	58	755,14	+11,8	83	+16,8	+ 9,2	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	755,01	+14,9	69	754,98	+16,9	60	754,94	+17,1	58	755,58	+12,5	78	+17,6	+ 9,6	Moyenn. du 10 au 21.	Cour, 3,152.
3	761,45	+23,3	58	761,19	+25,2	50	760,51	+26,0	47	761,07	+21,0	63	+26,1	+14,3	Moyenn. du 21 au 30.	Terrasse, 3,093.
	757,19	+17,6	64	757,07	+19,4	56	756,78	+19,7	54	757,26	+15,1	75	+20,3	+11,0	Moyennes du mois, + 15,6.	

MÉMOIRE

Sur les Canaux de navigation, considérés sous le rapport de la chute et de la distribution de leurs écluses.

PAR Mr P.-S. GIRARD.

LA dépense d'eau d'un canal de navigation, pendant un temps déterminé, se compose :

1°. D'un certain volume d'eau enlevé par l'évaporation naturelle ;

2°. De celui perdu par les filtrations à travers les terres qui forment le lit du canal ;

3°. Enfin, de celui qui est nécessaire pour l'entretien de la navigation ascendante et descendante.

L'évaporation est un phénomène contre lequel l'art n'a aucune prise : ainsi la dépense due à cette cause est inévitable.

Quelle que soit la nature du sol dans lequel un canal doit être établi, on peut toujours, à l'aide de moyens appropriés, diminuer ou même arrêter tout-à-fait les pertes d'eau occasionées par les filtrations.

Reste la dépense due à l'entretien de la navigation, et cette dépense est, pour l'ordinaire, beaucoup plus considérable que celle provenant de l'évaporation et des filtrations : aussi quand il s'agit d'exécuter un canal, faut-il s'être assuré d'avance de pouvoir rassembler au point le plus élevé de son cours, une quantité d'eau suffisante pour l'entretien de la navigation à laquelle on le destine.

L'impossibilité de remplir cette première condition a souvent obligé de renoncer à entreprendre des canaux qui auraient puissamment contribué aux progrès de l'agriculture et à la prospérité du commerce de certaines provinces. On en a vu quelques autres ne remplir qu'imparfaitement leur objet, parce que le volume d'eau rassemblé pour les alimenter ne suffisait à leurs besoins que pendant quelques mois de l'année. Voilà pourquoi beaucoup d'ingénieurs et de mécaniciens se sont occupés en France, et surtout en Angleterre, de rechercher quelques moyens de suppléer au défaut d'eau dans les canaux navigables. Ainsi ont été successivement imaginés les sas mobiles de *Solages*, les plans inclinés de *Fulton*, les bateaux à roue de *Chapman*, les écluses à flotteur de *Bettancourt*; et enfin, tout récemment, l'écluse pneumatique de *Congrève*; mais la mise en pratique de toutes ces inventions, quelque ingénieuses qu'elles soient, exige une dépense de forces motrices, dont on est toujours affranchi quand les bateaux peuvent être tenus naturellement à flot, et circuler dans les canaux sans autre embarras que celui de traverser de simples écluses telles qu'elles ont été primitivement imaginées.

D'un autre côté, ces inventions ne sont rigoureusement praticables que pour de petits canaux; et quand le combustible ne manque pas, le moyen le moins dispendieux de subvenir au manque d'eau est encore de faire remonter dans leurs biefs successifs, à l'aide d'une machine à vapeur, l'eau qui en a été tirée pour le passage des bateaux dans les écluses.

Ce serait donc rendre un service éminent, et accélérer la mise à exécution d'un système général de navi-

gation intérieure en France, que de diminuer la dépense d'eau des canaux navigables, grands ou petits, sans changer le mode de construction des écluses à sas ordinaire, appareil ingénieux dont la manœuvre est l'application d'un principe si simple d'hydrostatique, qu'on doit peut-être désespérer de pouvoir jamais lui substituer quelque chose de plus parfait.

Dès les premiers temps de l'invention des écluses à sas, il fut aisé de déterminer la quantité d'eau qu'il fallait tirer d'un bief ou d'un réservoir quelconque, pour y faire monter ou pour en faire descendre un bateau, connaissant la chute de l'écluse qui séparait ce bief du bief inférieur contigu.

Plus tard, il s'agita entre les ingénieurs français la question de savoir comment la dépense du réservoir de partage d'un canal se trouve modifiée lorsque plusieurs écluses sont réunies en un seul corps de sas accolés. Les différentes suppositions que l'on fit, changeant l'état de la question, firent naître des dissidences d'opinion dont M. Gauthey a le premier rendu compte dans un Mémoire imprimé en 1783, parmi ceux de l'Académie de Dijon, et que l'on retrouve inséré dans le 3e vol. de ses œuvres.

Les ingénieurs du canal du Midi, qui avaient le plus grand intérêt à apprécier la dépense des réservoirs de partage de ce canal, et qui pouvaient aisément en répéter la mesure dans les deux hypothèses des écluses simples et des sas accolés, se sont occupés spécialement de la question dont il s'agit, et en ont donné des solutions diverses, comme on peut le voir dans un Mémoire que M. Ducros, inspecteur-général des ponts et chaussées, publia en

l'an IX. Après avoir indiqué, ainsi que M. Gauthey l'avait déjà fait, l'ordre suivant lequel les bateaux qui montent et qui descendent un canal, doivent se succéder pour ne point occasioner une consommation d'eau inutile, M. Ducros donna quelques formules propres à exprimer cette dépense lorsqu'un bateau traverse, en montant ou en descendant, un nombre quelconque de sas accolés; ces formules, que M. le général Andréossy, auteur de l'*Histoire du canal du Midi*, attribue à M. Clauzade, l'un des ingénieurs de ce canal, ayant été généralisées par M. de Prony, dans un rapport fait à l'assemblée générale des Ponts et Chaussées, sur le Mémoire de M. Ducros, donnent le moyen de calculer aisément, dans tous les cas, la dépense d'eau qui a lieu pour le passage d'un ou de plusieurs bateaux, à travers un système d'écluses multiples de chacune desquelles on connaît la chute.

Mais n'existe-t-il pas un rapport nécessaire entre cette chute, la dépense d'eau au passage de l'écluse et le tirant d'eau des bateaux qui la montent ou qui la descendent? Cette question, toute importante qu'elle est, n'a point été traitée jusqu'à présent, et je me suis proposé de la résoudre.

Pour la ramener à ses termes les plus simples, nous supposerons : 1° qu'il s'agit de faire passer les bateaux d'un bief dans un autre par une seule écluse;

2°. Que ces bateaux de forme prismatique, comme le sas de cette écluse, le remplissent assez exactement, lorsqu'ils y sont introduits, pour que l'intervalle compris entre leurs bords et les parois du sas, puisse être négligé par rapport à l'espace que ces bateaux occupent.

Nommons S, la section horizontale du sas et des bateaux ;

x, la chute de l'écluse, c'est-à-dire, la différence de niveau entre la surface de l'eau des deux biefs inférieur et supérieur qu'elle réunit ;

$t_{,}$, le tirant d'eau d'un bateau qui monte vers le point culminant du canal ;

$t_{,,}$ le tirant d'eau d'un bateau qui en descend.

Pour faire passer un bateau du bief inférieur dans le bief supérieur, la manœuvre consiste :

1°. A introduire le bateau dans le sas par la porte d'aval, que l'on ferme après qu'il y est entré ;

2°. A verser, par un procédé quelconque, du bief supérieur dans le sas, l'eau nécessaire pour la mettre de niveau dans l'un et dans l'autre ;

3°. A ouvrir la porte d'amont de l'écluse, et à faire passer dans le bief supérieur le bateau qui était enfermé dans le sas.

Or, on voit que, pour effectuer cette manœuvre, on a d'abord tiré du bief supérieur, pour élever l'eau du sas au niveau de ce bief, un prisme d'eau $= Sx$, ayant pour base la section horizontale du sas, et pour hauteur la différence de niveau entre les deux biefs, c'est-à-dire, la chute de l'écluse.

On voit ensuite qu'en faisant passer le bateau de l'intérieur du sas dans le bief supérieur, le bateau est nécessairement remplacé dans le sas par un prisme d'eau $St_{,}$, précisément égal à celui qu'il déplace.

Ainsi, il est sorti du bief supérieur, pour amener les choses à cet état, un volume d'eau exprimé par $Sx + St_{,}$.

Supposons maintenant que la communication restant établie entre le sas et le bief supérieur, il se trouve dans celui-ci un bateau prêt à descendre, la manœuvre se réduit :

1°. A introduire le bateau dans le sas par la porte d'amont, que l'on ferme après qu'il y est entré ;

2°. A vider le sas jusqu'au niveau du bief inférieur ;

3°. Enfin, à ouvrir la porte d'aval, et à faire passer le bateau dans le bief inférieur.

Or, en introduisant d'abord le bateau du bief supérieur dans le sas, on a fait nécessairement refluer dans ce bief un volume d'eau $= St_{\prime\prime}$ égal à celui que ce bateau déplace.

En vidant ensuite ce sas jusqu'au niveau du bief inférieur, on a remis les choses dans le même état où elles étaient lorsqu'on a fait monter le premier bateau.

On a donc opéré la montée de ce premier bateau et la descente du second, c'est-à-dire, opéré ce que nous appellerons *le double passage*, en faisant dépenser au bief supérieur un volume d'eau représenté par :

$$Sx - S(t_{\prime\prime} - t_{\prime}) = Sy',$$

la dépense faite pouvant toujours être représentée par un prisme d'eau qui aura pour base la section horizontale du sas, et pour hauteur une ligne quelconque indéterminée y'.

Cette équation, divisée par le facteur S, commun à tous ses termes, devient :

$$y' = x - (t_{\prime\prime} - t_{\prime}),$$

laquelle appartient à une ligne droite facile à construire.

Elle exprime d'ailleurs entre la dépense d'eau, la chute de l'écluse et le tirant d'eau des bateaux, des relations qui, malgré leur extrême simplicité, n'avaient point encore été remarquées.

Il suit de cette équation que la dépense d'eau y sera positive, nulle ou négative, suivant que l'on aura :

$$x > t_{\prime\prime} - t_{\prime}$$
$$x = t_{\prime\prime} - t_{\prime}$$
$$x < t_{\prime\prime} - t_{\prime}.$$

Ainsi, non-seulement on pourra rendre la dépense d'un bief quelconque aussi petite que l'on voudra; mais encore on pourra la rendre nulle, et même faire remonter dans ce bief un certain volume d'eau du bief inférieur contigu.

Si l'on fait successivement monter et descendre dans la même écluse deux autres bateaux dont les tirans d'eau soient respectivement $t_{\prime\prime\prime}$ pour le bateau montant, et t_{IV} pour le bateau descendant, on aura encore pour le double passage :

$$y'' = x - (t_{\text{IV}} - t_{\prime\prime\prime}).$$

On aura de même, pour la dépense d'un troisième double passage :

$$y''' = x - (t_{\text{VI}} - t_{\text{V}}).$$

La dépense totale du bief supérieur d'une même écluse pour un nombre quelconque n de doubles passages alternatifs, sera donc généralement :

$$y' + y'' + y''' +, \text{etc.} = nx - \Big((t_{\prime\prime} + t_{\text{IV}} + \ldots t_{2n}) - (t_{\prime} + t_{\prime\prime\prime} + t_{\text{V}} + \ldots t_{2n-1})\Big),$$

en désignant par des indices impairs le tirant d'eau des bateaux montans, et par des indices pairs le tirant d'eau des bateaux descendans. Donc, si l'on fait la somme de tous les tirans d'eau des premiers $= T'$, la somme de tous les tirans d'eau des seconds $= T''$ et la dépense totale $y + y' + y'' +$, etc. $= Y$, on aura généralement :

$$Y = nx - (T'' - T').$$

La dépense d'eau pour un nombre n de doubles passages par une même écluse, sera donc positive, nulle ou négative, selon que l'on aura :

$$x > \frac{T'' - T'}{n}$$

$$x = \frac{T'' - T'}{n}$$

$$x < \frac{T'' - T.}{n}$$

Et comme les tirans d'eau des bateaux représentent toujours leur poids et celui de leurs chargemens, l'on voit que, pour assigner la chute de cette écluse sous l'une ou l'autre de ces trois conditions, il faudra connaître, outre le nombre des bateaux qui seront employés, la nature et la quantité des importations et des exportations qui devront s'opérer au moyen du canal dont cette écluse fera partie; ainsi, le perfectionnement de cette espèce de construction exige l'application immédiate de certaines connaissances statistiques, qui, au premier aperçu, ne paraissent avoir que des rapports éloignés avec l'art de projeter les canaux de navigation.

Cette succession de bateaux qui se rencontrent à cha-

que écluse, et que l'on fait alternativement monter et descendre, en profitant de la situation dans laquelle le sas a été mis par la descente ou la montée précédente, est évidemment celle qui présente le plus d'avantage sous le rapport de l'économie de l'eau dépensée ; mais le mouvement des bateaux peut se faire sur un canal dans un ordre différent ; il peut arriver, en effet, que, pour satisfaire à certaines convenances, on soit obligé de les faire marcher en convois, de telle sorte que tous les bateaux montans passent à la file les uns des autres à une certaine heure, et que tous les bateaux descendans passent également à la file à une autre heure de la journée.

Pour entrer dans l'examen de ce cas particulier, supposons d'abord que la communication soit établie entre le sas de l'écluse et le bief inférieur, et qu'il se présente un convoi de bateaux montans.

L'ascension du premier bateau exige d'abord que l'on verse dans le sas un volume d'eau Sx.

Le bateau, en sortant du sas, y est remplacé par un volume d'eau $St'_{\prime}$.

Ainsi, pour faire passer le premier bateau du convoi montant, du bief inférieur dans le bief supérieur, l'on a dépensé un volume d'eau : $= S(x+t'_{\prime})$.

Le second bateau trouvant le sas rempli, il faut commencer par faire descendre l'eau qu'il contient jusqu'au niveau du bief inférieur ; on ouvre alors la porte d'aval ; le deuxième bateau est introduit dans le sas, et pour le faire passer dans le bief supérieur, on en tire un volume d'eau $= S(x+t'_{\prime\prime\prime})$. La montée du troisième bateau dépensera $S(x+t'_{v})$. Donc le nombre des bateaux

du convoi montant étant n', on aura tiré du bief supérieur un volume d'eau représenté par :

$$S\,(n'x + t'_{\prime} + t'_{\prime\prime\prime} + t'_{\text{v}} +, \text{etc.})$$

Considérons maintenant le convoi descendant.

Le premier bateau trouve le sas rempli, et en y entrant, il fait refluer dans le bief supérieur un volume d'eau égal à celui qu'il déplace. Cette première dépense est donc négative et $= - S\,t'_{\prime\prime}$.

On abaisse ensuite l'eau du sas, et le premier bateau, étant descendu, passe dans le bief inférieur.

Le second bateau qui se présente pour descendre trouve le sas au même niveau que le bief inférieur. Il faut donc commencer par élever l'eau dans ce sas à la hauteur du bief d'amont, et par conséquent tirer de celui-ci un volume d'eau $= S\,x$, lequel, après l'introduction du bateau, se réduit à :

$$S\,(x - t'_{\text{IV}}).$$

La dépense du troisième bateau est également de :

$$S\,(x - t'_{\text{VI}})\,;$$

Et la dépense de tout le convoi, en nommant m' le nombre de bateaux dont il est composé, est exprimée par :

$$S\left(x\,(m' - 1) - t'_{\prime\prime} - t'_{\text{IV}} - t'_{\text{VI}}, - \text{etc.}\right)$$

La dépense d'un second convoi composé d'un nombre m'' de bateaux montans sera :

$$S\,(m''x + t''_{\prime} + t''_{\prime\prime\prime} + t''_{\text{v}} +, \text{etc.}).$$

Celle d'un second convoi descendant, composé d'un nombre m'' de bateaux, sera :

$$S\Big(x(m''-1)-t''_{ii}-t''_{iv}-t''_{vi}-\text{, etc.}\Big).$$

Donc, en nommant :

Sy', Sy'', Sy''', etc., les dépenses partielles de chaque convoi montant; Sz', Sz'', Sz''', etc., les dépenses partielles de chaque convoi descendant, on aura, pour la dépense totale du bief supérieur d'une écluse que traverse un nombre quelconque K de convois de bateaux montans et descendans alternativement :

$$\begin{aligned}
S(y'+y''+y'''+\text{, etc.}+z'+z''+z'''+\text{, etc.}) = \\
S(n'x+t'_{i}+t'_{iii}+t'_{v}+\text{, etc.}) \\
+S(n''x+t''_{i}+t''_{iii}+t''_{v}+\text{, etc.}) \\
+S(n'''x+t'''_{i}+t'''_{iii}+t'''_{v}+\text{, etc.}) \\
\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
+S(x(m'-1)-t'_{ii}-t'_{iv}-t'_{vi}-\text{, etc.}) \\
+S(x(m''-1)-t''_{ii}-t''_{iv}-t''_{vi}\ldots\text{, etc.}) \\
+S(x(m'''-1)-t'''_{ii}-t'''_{iv}-t'''_{vi}-\text{, etc.})
\end{aligned}$$

Ou en faisant généralement le nombre total des bateaux montans $=N$; le nombre total des bateaux descendans $=M$; la somme des quantités

$$y'+y''+y'''+\text{, etc.}-+z'+z''+z'''+\text{, etc.}=Y.$$

Et conservant les dénominations T' et T'' pour la somme des tirans d'eau des bateaux montans, et celle des tirans d'eau des bateaux descendans, on aura plus simplement, après avoir divisé par S :

$$Y=x\Big(N+(M-K)\Big)-(T''-T').$$

Donc, la dépense totale du bief supérieur d'une écluse que traverse alternativement, en montant et en descendant, un nombre K de convois de bateaux, sera positive, nulle ou négative, suivant que l'on aura :

$$x > \frac{T'' - T'}{N + (M - K)}$$

$$x = \frac{T'' - T'}{N + (M - K)}$$

$$x < \frac{T'' - T'}{N + (M - K)}.$$

Reprenons la formule générale :

$$Y = x\big(N + (M - K)\big) - (T'' - T'),$$

et remarquons que le premier terme du second membre s'abaisse au *minimum* de sa valeur, lorsque $M - K = o$, c'est-à-dire, lorsque le nombre des bateaux descendans est égal au nombre de convois qu'ils forment, ou bien, ce qui est la même chose, lorsqu'ils cheminent un à un.

La formule devient, dans cette première hypothèse :

$$Y = Nx - (T'' - T'),$$

comme nous l'avons déjà trouvé.

Le terme $x(N + (M - K))$ de la formule générale s'élève, au contraire, au *maximum* de sa valeur lorsque $K = 1$, puisqu'il ne peut y avoir moins d'un seul convoi montant ou descendant. On a, dans cette deuxième hypothèse :

$$Y = x\big(N + (M - 1)\big) - (T'' - T');$$

équation qui s'applique au cas particulier où tous les bateaux qui traverseraient l'écluse ne formeraient que deux convois ; l'un descendant pendant une certaine période, l'autre ascendant pendant la période suivante.

L'équation que nous venons de trouver se transforme en celle-ci :

$$Y = x(2N-1)-(T''-T'),$$

lorsqu'on suppose le nombre des bateaux montans égal au nombre des bateaux descendans ; supposition plus simple qu'aucune autre, et à laquelle nous allons nous arrêter.

Or, il est clair que si les bateaux en nombre quelconque n cheminent et se croisent un à un, la condition d'une dépense nulle sera exprimée par :

$$x = \frac{T''-T'}{n}.$$

Si, au contraire, les mêmes bateaux marchent en deux convois, la même condition sera exprimée par :

$$x = \frac{T''-T'}{2n-1};$$

ce qui signifie que la chute de l'écluse s'approchera d'autant plus de :

$$\frac{T''-T'}{2n}$$

que le nombre n de bateaux sera plus grand ; d'où il suit que les deux quantités

$$\frac{T''-T}{n} \text{ et } \frac{T''-T'}{2n}$$

sont les deux limites entre lesquelles on doit faire varier les hauteurs de chute d'une écluse, pour que la dépense de son bief supérieur soit nulle, en quelque nombre de convois alternatifs que l'on distribue un nombre donné de bateaux montans et descendans successivement.

Si donc on assigne pour la hauteur de chute d'une écluse, une quantité moyenne proportionnelle arithmétique entre les hauteurs qui rendent la dépense d'eau nulle dans les deux cas extrêmes que nous venons de remarquer, c'est-à-dire, si l'on fait :

$$x = \frac{1}{2}\left(\left(T''-T'\right)\right)\frac{3}{2n} = 3\left(\frac{T''-T'}{4n}\right),$$

cette hauteur de chute satisfera le plus probablement possible à la condition de rendre à-peu-près nulle la dépense d'eau du bief supérieur d'une écluse que traversera, en montant et en descendant, une quantité donnée de bateaux distribués au hasard en un certain nombre de convois.

Cette hauteur de chute est, comme on voit, les $\frac{3}{4}$ de celle qui convient au cas où les bateaux montans et descendans alternent un à un au passage de chaque écluse : ce dernier ordre de marche est celui auquel on tâche de s'assujettir sur les canaux de navigation, et l'analyse qui précède le justifie suffisamment. Nous allons, dans ce qui va suivre, le supposer établi.

Nous n'avons considéré jusqu'ici que la dépense d'eau positive, nulle, ou négative, qui a lieu au passage d'une écluse ; mais, lors d'un double passage de bateaux à cette écluse, il y a mouvement imprimé non-seulement à l'eau

dépensée, mais encore au bateau qui monte et au bateau qui descend. Cette manœuvre produit donc une certaine quantité d'action dynamique qu'il s'agit maintenant d'apprécier.

J'appelle ici, suivant l'acception commune, *action* ou *effet dynamique*, le produit d'un certain poids par la hauteur verticale qu'il parcourt, soit en montant, soit en descendant, avec une vitesse uniforme, ou uniformément accélérée pendant l'unité de temps.

Or, cette action ou cet effet dynamique équivaut toujours, comme il est aisé de s'en convaincre, à la force vive d'une certaine masse qui serait animée d'une certaine vitesse; ainsi, en d'autres termes, nous avons à chercher la dépense de forces vives que nécessitent, au passage d'une écluse, la montée d'un bateau et la descente d'un autre.

L'équation générale qui exprime les relations entre la chute d'une écluse, sa dépense et le tirant d'eau des bateaux, est, comme nous l'avons vu, $y = x - (t'' - t')$.

Nous allons en déduire la valeur des actions dynamiques employées à chaque double passage pour chacun des trois cas où la dépense d'eau y est positive, nulle ou négative.

1°. La quantité y étant positive, il est clair que le volume d'eau $x - (t'' - t')$ qu'elle représente descend du bief supérieur dans le bief inférieur, c'est-à-dire, de la hauteur x : l'action dynamique de ce volume d'eau est donc $x(x - (t'' - t'))$.

De plus, le bateau t'' descend de la même hauteur; par conséquent son action dynamique $= t''x$.

La somme de ces deux actions qui s'exercent de haut en bas, suivant la verticale, est donc :

$$x\Big(x-(t''-t')\Big)+t''x.$$

La seule masse qui s'élève par la manœuvre de l'écluse est celle du bateau t' qui passe du bief inférieur dans le bief supérieur : son action dynamique de bas en haut est par conséquent $t'x$.

Mais ces effets dynamiques opposés, quoique successifs, s'opèrent en des temps égaux, et précisément suivant les mêmes lois ; car ils s'opèrent pendant que le sas se remplit et se vide, et ce remplissage et cette évacuation ont exactement la même durée, comme on le déduit immédiatement des formules qui expriment celles de l'écoulement des fluides dans des vases contigus, séparés par des diaphragmes verticaux ; d'où il suit que la différence de ces effets dynamiques est l'expression rigoureuse de la perte de force vive, qui a lieu pour leur production.

Cette perte est par conséquent :

$$x\Big(x-(t''-t')\Big)+t''x-t'x=xx.$$

2°. Lorsque la dépense d'eau y est nulle, il est évident que l'action dynamique descendante se réduit à $t''x$, produit de la masse du bateau t'' par la chute de l'écluse.

L'action dynamique ascendante est, comme dans le cas précédent, représentée par $t'x$.

Par conséquent la différence de ces actions, ou la perte de forces vives a pour expression :

$$x(t''-t')=xx;$$

puisque y étant nulle, on a toujours $x = t'' - t'$.

3°. Enfin, lorsque la dépense y est négative, ou, ce qui est la même chose, lorsqu'un certain volume d'eau est refoulé du bief inférieur dans le bief supérieur, on a :

$$-y = -x + (t'' - t').$$

L'action dynamique descendante reste égale au produit du bateau t'' par la hauteur de la chute, et l'action dynamique ascendante devient égale au produit de cette même hauteur par la somme des masses de l'eau et du bateau qui remontent, ou bien :

$$t'x + x\left(-x + (t'' - t')\right);$$

La perte de forces vives est donc :

$$t''x - t'x - x\left(-x + (t'' - t')\right) = xx.$$

Donc, quels que soient la dépense d'une écluse, la hauteur de sa chute et le tirant d'eau des bateaux qui la traversent, la perte de forces vives indispensable pour opérer le double passage de ces bateaux, est toujours proportionnelle au carré de la hauteur de la chute.

Donc, si l'on appelle h la pente totale d'un canal qui a ses deux extrémités fixes, et que l'on rachète cette pente par un certain nombre d'écluses dont les chutes soient respectivement $x_{,}$ $x_{,,}$ $x_{,,,}$..., etc., on aura :

$$x_{,} + x_{,,} + x_{,,,} + \dots x_{(n)} = h;$$

Et pour la perte de forces vives sur toute la longueur du canal, la somme des carrés :

$$x_{,}^2 + x_{,,}^2 + x_{,,,}^2 + \dots x^2_{(n)},$$

laquelle sera toujours d'autant moindre que le nombre n des écluses sera plus grand.

Le cas particulier où toutes les écluses auraient la même chute donne :

$$x_{\prime} = x_{\prime\prime} = x_{\prime\prime\prime} = \ldots x_{(n)} = \frac{h}{n}.$$

Ainsi, la perte de forces vives devient alors :

$$\frac{n h^2}{n^2} = \frac{h^2}{n}.$$

Elle devient de même $\frac{h^2}{n'}$ pour une autre répartition de la même pente en un nombre n' d'écluses égales ; les pertes de forces vives sont donc entre elles, dans les deux hypothèses :

$$:: \frac{1}{n} : \frac{1}{n'} :: n' : n,$$

c'est-à-dire qu'elles sont entre elles en raison inverse du nombre d'écluses qui servent à racheter la pente totale donnée.

Quant à la dépense d'eau positive qui a lieu pour le double passage dans les deux mêmes suppositions, on a, en la désignant par y et y' :

$$y = \frac{h}{n} - (t'' - t')$$

$$y' = \frac{h}{n'} - (t'' - t').$$

D'où l'on voit que cette dépense diminue encore d'autant plus, que le nombre des écluses est plus considérable ou leur chute plus petite.

Elle devient exactement proportionnelle à cette chute lorsque les bateaux montans et descendans ont le même

tirant d'eau, seule supposition qui ait été tacitement admise jusqu'à présent; car on a alors :

$$y = \frac{h}{n}$$

$$y' = \frac{h}{n'}.$$

En ne considérant d'abord la distribution des écluses d'un canal de navigation que sous le rapport de la dépense d'eau à laquelle les biefs doivent subvenir, on voit combien il y a d'avantages à donner peu de chute aux écluses. Les principes sur lesquels cette conclusion est appuyée sont évidens; les calculs qui la justifient sont simples et faciles à vérifier. Cependant elle paraît avoir échappé jusqu'à présent aux ingénieurs qui se sont occupés de projets ou de constructions de canaux.

C'est dans la marche naturelle de notre esprit, et la lenteur avec laquelle certaines connaissances se propagent, qu'il faut chercher la cause de l'espèce d'abandon dans lequel ont été laissées les questions qui font l'objet de ce Mémoire.

Les inventeurs des écluses à sas, et ceux qui en construisirent les premiers, séduits sans doute, comme ils devaient l'être, par l'espèce de phénomène que présente cet ingénieux appareil, lui attribuèrent d'autant plus de mérite, que la difficulté qu'il servait à vaincre parut plus grande, c'est-à-dire que, par cette manœuvre, on pouvait faire monter les bateaux à une plus grande hauteur, en rachetant une plus grande différence de niveau entre deux biefs contigus.

Si d'ailleurs, comme on l'assure, les premières écluses furent construites dans l'état de Venise, sur un canal dé-

rivé de la Brenta, les constructeurs de ces ouvrages ne durent point être arrêtés par la crainte de dépenser une trop grande quantité d'eau, puisque leur canal était alimenté par une rivière ; il fallait d'ailleurs, pour établir quelques calculs de dépense d'eau au passage de ces écluses, que les sciences physiques fussent parvenues à un degré d'avancement, qu'elles n'avaient point atteint avant Galilée, et que les faibles notions que l'on avait alors de ces sciences eussent été plus répandues qu'elles ne l'étaient parmi les mécaniciens de ce temps-là.

Il est plus facile d'imiter ce qui a été fait dans les constructions hydrauliques, que de chercher à les perfectionner, ou même à se rendre compte de certaines pratiques que l'usage semble avoir consacrées.

Tout le monde sait qu'une des plus grandes difficultés qu'on éprouva quand on entreprit l'exécution du canal de Languedoc, fut de rassembler au point de partage le volume d'eau nécessaire à l'entretien de la navigation qu'il s'agissait d'établir. Il était, par conséquent, de la plus haute importance d'économiser l'eau que l'on parvint à se procurer. Le moyen était facile : il se réduisait en effet à diminuer la chute des écluses. Cependant nous apprenons de M. Gauthey que l'on donna aux premières qui furent construites sur le canal du Midi, de si grandes hauteurs, que l'on fut obligé de les démolir pour en établir de plus basses, avant même que la navigation fût en activité, parce que la grande pression d'eau qu'elles avaient à soutenir en exposait toutes les parties à trop de dégradations. Mais cette substitution d'écluses moins élevées à des écluses plus hautes ne s'opéra point, comme on voit, à dessein d'économiser l'eau ; ce qui en aurait

été le motif le plus puissant, si la question de cette dépense eût été soumise à une analyse rigoureuse. On ne se détermina à ce changement que par des considérations d'une autre nature; et, peut-être, en abandonnant à regret un système de construction accrédité par le préjugé, et qui rendait en quelque sorte plus sensible l'espèce de merveilleux que présente la navigation ascendante sur les canaux de navigation.

Les ingénieurs les plus célèbres de France et d'Angleterre ont contribué, jusqu'à ces derniers temps, à maintenir les anciennes pratiques.

On lit dans un Mémoire de M. Perronet, sur le canal de Bourgogne, que le plus ou moins de place qu'occupe un bateau dans le sas d'une écluse ne change point le volume d'eau nécessaire à la navigation ascendante ou descendante, et qu'en conséquence il n'y a aucune raison de diminuer la chute des écluses, qui est, dit-il, le plus ordinairement de 8, 10 et 12 pieds.

Cette opinion, émise par un ingénieur si justement renommé, n'a point eu de contradicteurs; et s'il est permis d'en juger par les canaux qui ont été exécutés depuis, on a continué de l'admettre de confiance et sans discussion.

A la vérité, M. Gauthey, dans son Mémoire déjà cité, remarque qu'il ne convient point de donner des chutes égales aux écluses d'un canal à point de partage; que les chutes les plus basses doivent être établies près de ce point, et qu'à mesure qu'on peut alimenter le canal dans ses parties inférieures par de nouvelles prises d'eau, il n'y a point d'inconvénient à augmenter les chutes des écluses. Mais M. Gauthey n'a distingué d'une manière formelle

ni dans quelle circonstance, ni avec quelles restrictions il convenait de procéder ainsi; et quoique son idée suppose la notion d'un certain rapport entre la chute des écluses et le volume d'eau consacré à leur service, il ne s'est point occupé d'assigner ce rapport.

Il se borne à observer que les plus grandes chutes d'écluses que l'on établisse ordinairement sont de $3^m\ 90^c$, et que les plus basses sont de $1^m\ 30^c$. D'après cela, dit-il, il paraît que la chute la plus convenable est de $2^m\ 60^c$, hauteur moyenne entre la plus petite et la plus grande que l'on soit dans l'usage d'adopter : voilà à quoi se réduit la seule règle qu'il ait déduite d'une pratique très-éclairée et des nombreuses observations dont son important ouvrage est rempli.

Etablissons maintenant les principes rigoureux d'après lesquels les chutes des écluses successives d'un canal doivent être distribuées.

Puisque la dépense d'eau d'un bief quelconque pour un double passage de bateaux dans l'écluse qui termine le bief, est toujours proportionnelle à la chute de cette écluse, lorsque, suivant l'hypothèse accoutumée, les bateaux qui la montent et qui la descendent ont le même tirant d'eau, il est évident qu'en conservant la même hypothèse, la condition réciproque d'une distribution convenable d'écluses consiste à proportionner leur chute à la dépense d'eau que peut fournir sans inconvénient le bief contigu destiné à en faire le service.

Cela posé, admettons que l'écluse la plus élevée d'un canal ait été construite sur ce principe, il est clair que si le canal, à partir de ce point jusqu'à son extrémité inférieure, n'éprouvait aucune perte d'eau par l'évaporation

ou par les filtrations, toutes ses écluses devraient avoir les mêmes dimensions que la première; car l'eau dépensée par le premier bief passe toujours dans le second, qui la dépense à son tour au profit du troisième, et ainsi de suite jusqu'au bief le plus bas.

Dans le cas d'une dépense négative, le même volume d'eau remonterait successivement toutes les écluses depuis l'extrémité inférieure jusqu'au bief culminant du canal.

Ainsi, quel que fût le nombre des écluses, la descente d'un bateau et la remonte d'un autre n'occasioneraient, une fois pour toutes, sur la longueur entière du canal, que la dépense positive ou négative qui aurait lieu pour un double passage de bateaux dans l'une quelconque de ses écluses.

Mais les choses ne sont point telles que nous venons de les supposer. Les biefs successifs d'un canal perdent nécessairement par l'évaporation naturelle une certaine quantité d'eau; ils sont de plus exposés, suivant la nature du sol, à des chances de filtration qui atténuent plus ou moins le volume d'eau qu'ils contiennent; celui qu'ils ont pu recevoir du bief supérieur, par la première écluse, ne peut donc se retrouver disponible tout entier pour l'entretien de l'écluse suivante. Il faut alors, de deux choses l'une, ou diminuer la chute de cette écluse pour la proportionner à la dépense dont le bief est capable, sans perdre de sa hauteur d'eau, ou bien faire le sacrifice d'une partie de cette hauteur.

Or, la conservation, dans tous les biefs, d'une hauteur d'eau donnée est indispensable pour le maintien de la navigation; c'est la condition essentielle de l'existence

du canal. Il est donc nécessaire de rendre la chute de la seconde écluse moindre que la chute de la première.

Par les mêmes considérations, il faudra rendre la chute de la troisième moindre que la chute de la seconde, et ainsi de suite en diminuant jusqu'à la dernière.

Donc, quand un canal ne peut être alimenté que par les eaux rassemblées dans son bief culminant, les chutes de ses écluses doivent décroître à mesure que l'on s'éloigne de ce bief, et ces décroissemens de chute doivent être, en supposant le sol homogène, exactement proportionnels à la longueur des biefs qui les précèdent.

Quand, au contraire, de nouvelles prises d'eau peuvent réparer les pertes dues à l'évaporation et aux filtrations, ou même fournir un volume d'eau excédant, à mesure que le canal descend dans les plaines, il est évident qu'une première prise d'eau subsidiaire permettra de donner à l'écluse qui la suit immédiatement une chute plus forte que celle de l'écluse qui la précède; mais jusqu'à ce qu'une seconde prise d'eau subsidiaire vienne de nouveau alimenter le canal, on conçoit que la chute des écluses doit diminuer en descendant de la première prise d'eau à la seconde, de la seconde à la troisième, et ainsi de suite; d'où l'on voit qu'en ayant égard aux pertes occasionées par les filtrations et l'évaporation, un canal navigable éclusé doit être considéré comme un système de plusieurs canaux partiels, séparés par des prises d'eau consécutives, et dans chacun desquels les chutes d'écluses doivent décroître de leur extrémité supérieure à leur extrémité inférieure.

Les écluses situées à l'origine de ces canaux partiels doivent avoir plus de chute, à mesure que ces canaux se

trouvent plus éloignés du point culminant, dans tous les cas où le volume des prises d'eau subsidiaires de chacun d'eüx est plus grand que le volume d'eau perdu par les filtrations et l'évaporation : ces écluses d'origine doivent, au contraire, avoir moins de chute lorsque ces déperditions ne sont point compensées par les prises d'eau consécutives.

En général, si l'on suppose tous les biefs d'un canal de navigation remplis une première fois à la hauteur exigée par le tirant d'eau des bateaux les plus fortement chargés, il faudra, pour maintenir cette hauteur constante, quelle que soit l'actvité de la navigation, que la chute d'une écluse quelconque soit proportionnelle à la somme des volumes d'eau fournis par le réservoir culminant et les prises d'eau collatérales en amont de cette écluse, après avoir retranché de cette somme celle des pertes dues à l'évaporation et aux filtrations dans la même étendue; et comme ces volumes d'eau gagnés et perdus sur une longueur déterminée de canal sont extrêmement variables suivant les localités, il s'ensuit que l'égalité de chute que l'on prescrit d'établir entre toutes les écluses d'un même canal se réduit à une simple règle de pratique qu'aucune théorie ne justifie, et qui ne peut trouver d'application motivée que dans un concours de circonstances très-rares.

On vient de voir suivant quelles lois doivent varier les chutes d'écluses sur un canal de navigation, dans des circonstances données, et quand on fait abstraction, comme on l'a fait jusqu'ici, de la différence du tirant d'eau des bateaux. Il serait facile, en ayant égard à cette différence de déduire de nos formules la loi de

variabilité de ces chutes dans des circonstances semblables. La simplicité des calculs nous dispense de nous y arrêter.

La dépense d'action dynamique ou de force vive qu'exige la manœuvre des écluses n'a jusqu'à présent fixé l'attention d'aucun ingénieur. Je vais montrer maintenant comment la considération de cette dépense doit conduire au perfectionnement des canaux navigables.

Je commence par rappeler ce principe incontestable : que les forces vives ou les actions dynamiques, quelle que soit leur source et de quelque manière qu'on en dispose, peuvent toujours représenter l'effet utile de quelques machines. L'économie de ces forces, par l'adoption d'un système approprié, en laissera donc une plus grande quantité disponible. En réglant convenablement, par exemple, les chutes d'un canal de navigation, la quantité de force vive qu'on économisera restera disponible pour le service d'usines le long du canal, ou pour tout autre usage utile.

Je rappelle, en second lieu, que la dépense de forces vives, indispensable pour opérer au passage d'une écluse la montée et la descente d'un bateau, est toujours proportionnelle au carré de la chute de cette écluse, quels que soient sa dépense et le tirant d'eau des bateaux montans et descendans.

Mais nous avions conclu précédemment de l'équation qui exprime la relation de ces quantités, que si l'on fait la chute de l'écluse égale à la différence des tirans d'eau des bateaux descendans et montans, la dépense d'eau du bief supérieur était nulle.

Dans ce cas particulier, la dépense de force vive nécessaire au passage des deux bateaux est donc, pour ainsi dire, entièrement acquittée par le bateau qui descend de la même manière qu'elle le serait si ce bateau, en descendant sur un plan incliné, faisait monter en même temps l'autre bateau sur le même plan, au moyen d'une chaîne qui passerait sur une poulie de renvoi, et qui les attacherait l'un à l'autre. De même, lorsque la chute de l'écluse est moindre que la différence des tirans d'eau, nous avons vu qu'une partie de l'eau du bief inférieur remontait dans le bief supérieur; ainsi, la force vive dépensée dans ce cas par le bateau descendant n'est pas seulement employée à faire remonter l'autre bateau, mais encore à faire remonter à la même hauteur une certaine quantité d'eau, précisément comme si ces deux bateaux, étant toujours liés par une chaîne et mis en mouvement sur un plan incliné, on avait ajouté un certain volume d'eau au chargement du plus léger de ces bateaux.

Remarquons maintenant que la dépense de force vive faite par le bateau descendant pour élever dans le bief supérieur une masse quelconque, n'est pas enlevée à l'effet utile de l'écluse considérée comme une machine ordinaire; car la descente d'un bateau, au moyen de cette écluse, est une portion de l'effet qu'on en attend. Les écluses à sas, mises au nombre des machines propres à transmettre le mouvement, présentent donc, à l'exclusion de tout autre appareil, cet avantage singulier, que la dépense de forces vives nécessaire à la production du mouvement est elle-même une portion de l'effet utile que l'appareil est destiné à produire.

Il faut, à la vérité, pour obtenir cet avantage, 1° que le tirant d'eau des bateaux qui descendent les canaux soit plus grand que le tirant d'eau des bateaux qui les remontent; 2° que la chute des écluses ne surpasse jamais la différence de ces tirans d'eau.

Il est évident qu'on sera toujours le maître de remplir cette dernière condition toutes les fois que la première existera : or, quoiqu'en assignant la quantité d'eau nécessaire à l'entretien d'un canal, on ait été jusqu'à présent dans l'usage de considérer la navigation comme également productive dans les deux sens opposés suivant lesquels on la dirige, il suffit de quelqu'attention pour se convaincre que cette hypothèse n'est point conforme à la réalité, et que la navigation descendante l'emporte de beaucoup, par le poids des matières qu'elle met en mouvement, sur la navigation ascendante; enfin, que cette prépondérance tend naturellement à se perpétuer dans un état de civilisation où les canaux deviennent nécessaires pour multiplier les communications entre les diverses contrées.

En effet, la population se fixe toujours là où peuvent aisément arriver les denrées de première nécessité qu'elle consomme, et les matières premières qu'elle emploie dans les différens genres d'industrie auxquels elle se livre. Les rivières navigables offrent, pour le transport de ces objets, plus ou moins encombrans, des facilités naturelles qui ont attiré sur leurs bords un plus grand nombre d'habitans : ainsi, les vallées se sont couvertes de villes, et presque toujours la capitale d'une contrée s'est élevée sur les rives du plus grand fleuve qui la traversait.

Quand le territoire des vallées où coulent les rivières

navigables ne produit pas les denrées nécessaires à l'approvisionnement des villes, il faut aller chercher ces denrées dans les plaines élevées, et quelquefois tirer des montagnes certaines productions du sol que l'industrie met en œuvre. C'est alors qu'il faut recourir aux canaux artificiels pour transporter sur les lieux de leur consommation, sans trop en augmenter le prix, les grains, les boissons, les bois de chauffage et de charpente, les matériaux propres aux constructions; enfin, les fontes de fer et les charbons de terre; ces deux élémens essentiels de toute industrie manufacturière. Mais ces premiers produits de l'agriculture ou de l'exploitation du sol, qui descendent dans les vallées, sont d'un poids incomparablement plus grand que celui des objets manufacturés contre lesquels on les échange. Ainsi, les bateaux qui apportent à Londres les charbons de terre et les fontes des environs de Birmingham, descendent les canaux à pleine charge, et les remontent à vide en retournant chercher de nouveaux chargemens; et sans prendre hors de notre propre pays des exemples de ce mode de circulation, n'en est-il pas ainsi du canal de Givors, près de Lyon? Et ne voyons-nous pas tous les jours les bateaux qui approvisionnent Paris, arriver sur les ports complètement chargés, et remonter la Seine ou la Marne presque entièrement vides? Un grand nombre de ces bateaux, et notamment ceux qui viennent du centre de la France par le canal de Briare, ne remontent même pas ce canal, et sont déchirés sur les bords de la rivière, où l'on approvisionne leurs débris sous de nom de *bois de bateau.*

Il serait superflu d'apporter de nouvelles preuves de ce

qui vient d'être dit. On conçoit aisément que des bateaux qui arriveraient à Paris des points les plus élevés du département des Ardennes ou du département de la Côte-d'Or, n'y remonteraient pas avec des cargaisons aussi pesantes que celles qu'ils auraient apportées. On peut donc poser en principe général, que, dans un système de navigation intérieure convenablement ordonné, le poids total des objets qui descendent sur ces canaux sera toujours beaucoup plus considérable que le poids des objets qui les remontent.

Ce principe admis, le volume d'eau nécessaire à l'entretien de la navigation sur les canaux subira de grandes réductions; et la difficulté de le rassembler aux sommités de ces canaux ne sera plus un obstacle qui empêche de les exécuter, puisque, d'après nos formules, on pourra toujours régler la chute de leurs écluses depuis le point culminant jusqu'au bief le plus bas, de manière à ne dépenser qu'une quantité d'eau déterminée, ou même à en faire remonter, au besoin, dans le réservoir le plus élevé, un certain volume qui serait puisé dans les biefs inférieurs.

Supposons, pour en donner un exemple simple, que le tirant d'eau des bateaux qui descendent un canal soit de $1^{m}\ 20^{c}$, et le tirant d'eau des bateaux qui le remontent, de 30 centimètres seulement.

Supposons de plus, que la dépense d'eau de ce canal ne puisse s'élever en poids qu'au quart du poids total des bateaux qui le descendent et qui le remontent, on trouve, par la substitution de ces quantités numériques, dans notre équation générale, que la hauteur de chute des écluses doit être de $1^{m},275$.

Si, au lieu de tirer ce volume d'eau du réservoir le plus élevé du canal, il fallait l'y faire refluer des biefs inférieurs, on trouverait que la hauteur de chute des écluses devrait être réduite à $0^{m},675$.

Enfin, pour que la dépense d'eau fût nulle, cette hauteur de chute devrait être portée à 90 centimètres.

Je me suis proposé, dans ce Mémoire, d'indiquer les moyens de suppléer au manque d'eau qui pourrait, dans quelques circonstances, être un obstacle à l'ouverture d'un canal utile; cependant d'autres avantages non moins précieux se lieront naturellement à celui d'établir, entre le tirant d'eau des bateaux et la chute des écluses, les rapports que nous avons assignés. En effet, en augmentant ce tirant d'eau et en diminuant cette chute, on obtiendra la possibilité de faire circuler un poids déterminé de denrées et de marchandises sur des canaux plus étroits; ainsi, la superficie des terrains qu'ils occuperont sera moindre, et par conséquent, l'acquisition de ces terrains moins dispendieuse; tandis que la perte d'eau inévitable, due à l'évaporation journalière, diminuera dans la même proportion.

La manœuvre des écluses deviendra beaucoup plus facile, et pourra être confiée aux soins des bateliers, comme cela se pratique sur les petits canaux d'Angleterre; ce qui permettra de supprimer les gages et les logemens des éclusiers.

L'entretien des écluses, dont les murs auront à soutenir une moindre hauteur de terre, et les portes une moindre hauteur d'eau, sera bien moins considérable, et les réparations extraordinaires moins fréquentes. Ainsi, la cir-

culation par eau ne sera plus exposée aux interruptions de plusieurs mois, qu'elle éprouve chaque année, par cette cause, sur tous les canaux de navigation.

Enfin, des bateaux plus étroits et d'un plus grand tirant d'eau offriront moins de résistance au hallage, et comme ils pourront être pontés, on pourra en tenir le chargement plus en sûreté que sur des bateaux plats ordinaires.

Je développerai, dans un autre Mémoire, les derniers avantages que je viens d'indiquer. Je me bornerai à dire, en terminant celui-ci, que la découverte des écluses doit être considérée comme une découverte encore récente, dont on a jusqu'à présent apprécié le mérite, moins par les résultats généraux de son application aux communications par eau, que par le résultat visible d'une difficulté vaincue. L'imagination ne peut saisir sans quelque réflexion les avantages d'un système d'écluses à petites chutes placées à la suite les unes des autres, à des intervalles plus ou moins longs; mais elle est toujours vivement frappée de la manœuvre d'une écluse dont la chute est considérable.

Lorsque, dans le quatorzième siècle, l'artillerie remplaça l'ancienne balistique, on commença par faire des canons qui lançaient des boulets du poids de 100 à 150 kilog. Malgré leur effet prodigieux, le peu de service qu'on en retirait obligea bientôt d'y renoncer. Il ne reste de ces anciens canons que chez les Turcs, et dans quelques arsenaux où on les montre comme des monumens de l'art à son enfance. Les dimensions de toutes les pièces d'artillerie ont été successivement réduites, et cette

arme ne s'est véritablement perfectionnée qu'à mesure qu'on l'a rendue plus mobile et plus légère, c'est-à-dire, en d'autres termes, qu'on l'a rendue propre à produire le plus grand effet avec la moindre dépense possible de forces vives.

Il est vrai que depuis l'invention de la poudre les occasions n'ont pas manqué de mettre l'artillerie en pratique, et cette pratique a dû en rendre les progrès bien plus rapides que n'ont été ceux de l'architecture hydraulique depuis l'invention des écluses. Aussi, dans ce genre particulier de constructions, en sommes-nous encore aux grosses pièces.

Faits *pour la connaissance des urines et des calculs.*

Par M. Proust.

Il n'est nullement démontré que la chimie ne découvrira pas, un jour, les moyens de dissoudre les calculs, peut-être même ceux d'en prévenir la formation. Fourcroy n'en désespérait pas. Mais pour que cet espoir ne devienne pas illusoire, il faut s'attacher aussi plus que jamais à bien connaître la nature et le nombre des substances qui composent le fluide au sein duquel ils ont coutume de se former, puisque chacune d'elles peut fournir une cause plus ou moins active à leur accroissement.

Les recherches que je publiai dans le tome XXXVI des anciennes *Annales de Chimie* n'avaient pour objet que la connaissance des urines : aujourd'hui elles s'étendent

à celle des calculs. Comme, depuis leur impression et celle du travail de Fourcroy et de M. Vauquelin, je n'ai cessé de mieux examiner mes résultats, en m'éclairant aussi de ceux que ces savans analystes obtinrent de leur côté, je puis me flatter actuellement d'avoir sur toutes ces choses des idées plus satisfaisantes que celles que j'en avais eues auparavant.

Je les publie tard, il est vrai, puisqu'elles ont déjà treize à quatorze ans de date; j'espère, malgré cela, qu'elles pourront encore éclaircir bien des points dans cette importante partie de l'analyse animale.

Soufre. Les urines en contiennent habituellement; on ne saurait, par exemple, les chauffer dans une bassine d'argent sans la noircir complètement, et même sans en convertir la surface en un sulfure qui s'en sépare en écailles, quand on pousse trop loin ce travail. Comme ce soufre est libre, ou hors de combinaison, il fait sans doute partie de celui que nous exhalons par la transpiration.

Acide carbonique. Nos urines en sont surchargées. Au moment où elles commencent à bouillir, on les voit se couvrir d'une écume blanche volumineuse qui en est gonflée, comme je m'en suis assuré en en recueillant une certaine quantité dans une cloche. Si en outre on y jette de la chaux en poudre, la plus grande partie se change en carbonate; cet acide, considéré comme éjection, ne peut pas nous surprendre; nous en perdons par la transpiration, par l'exhalation pulmonaire, et il fait partie des gaz que la digestion rejette par d'autres voies.

Altération. On sait avec quelle promptitude l'odeur de l'urine fraîche devient fétide et même insupportable,

quand elle occupe une grande surface, comme, par exemple, lorsqu'on néglige de laver un vase où il y en a eu. L'air, à ce qu'il paraît, prend beaucoup de part à cette altération; l'expérience suivante va nous le démontrer. J'ai gardé pendant six ans un flacon d'urine plein et bouché en cristal; elle n'a éprouvé d'autre changement, durant tout cet intervalle, que celui de se foncer un peu en couleur : le dépôt se fit comme à l'ordinaire; du reste, l'odeur s'en conserva fraîche et sans donner trace d'ammoniaque. Il résulte de là que quand on soustrait les urines à l'impression de l'air, qu'on supprime par conséquent la part qu'y prend l'oxigène atmosphérique, elles peuvent se garder long-temps, et traverser les alternatives de la température ordinaire sans changer d'état.

Ammoniaque. Mais c'est assez de quinze jours en été pour que le principe qu'on appelle *urée* commence à entrer en fermentation, pour qu'il se décompose et laisse à sa place du carbonate d'ammoniaque. L'oxigène atmosphérique peut sans doute concourir à la formation de l'acide qui sature ici l'ammoniaque. Néanmoins nous verrons, dans la suite, que l'acide carbonique est aussi un produit particulier du changement de l'urée.

Arrivées à cet état, les urines font une effervescence très-vive avec les acides. C'est à cette ammoniaque qu'est dû l'emploi qu'on en fait pour le dégraissage des laines, et comme il s'en dissipe autant qu'on en emploie à saponifier le suin, l'ouvrier est obligé d'ajouter souvent de nouvelles urines à son bain.

L'ammoniaque une fois formée, et leur fétidité à son plus haut degré, les urines ne passent pas en avant. Toute altération ultérieure paraît même leur être interdite.

L'on n'a jamais vu, en effet, la putréfaction y faire assez de progrès pour détruire en entier les parties animalisées, et laisser par là les produits salins totalement à nu.

Acide phosphorique. C'est lui particulièrement qui communique son acidité aux urines; leur extrait est acide; chaudes, elles font effervescence avec le carbonate de soude. Si on applique l'alcool à cet extrait, on lui enlève de l'urée, de la résine colorante et de l'acide phosphorique. Les deux premières n'altèrent pas l'eau de chaux; mais l'acide phosphorique la précipite en abondance quand on y laisse tomber quelques gouttes de cette teinture : il en arrive autant avec les dissolutions de plomb, etc. Une livre d'urine de la nuit donne communément quatre gros et demi d'extrait sec, ou $\frac{1}{28}$ de son poids. Je ne pense pas que les plus chargées puissent donner jusqu'à cinq gros.

Vinaigre. Cet acide, produit ordinaire de la végétation, de la fermentation des corps sucrés, etc., peut l'être aussi de l'action vitale. Si, par exemple, on distille de l'urine récente mêlée d'un peu d'acide sulfurique, il passe du vinaigre durant son évaporation, à cette époque surtout où elle commence à s'épaissir; il se répand dans l'air un nuage de vinaigre, soit que l'acide phosphorique réagisse sur la base qui le retenait, soit que l'acétate ammoniacal se décompose de lui-même au milieu d'une dissolution dont la densité s'accroît succesivement. Si on couvre la bassine d'un chapiteau d'alambic, on en recueille encore beaucoup; et enfin, comme dans les extraits déjà débarrassés de leurs sels par la cristallisation, il se trouve toujours de l'acétate ammoniacal, il suffit de les chauffer dans une retorte avec de l'acide sulfurique

pour en tirer du vinaigre en abondance. Un peu d'acide benzoïque monte souvent aussi avec lui.

Fourcroy pensait que le vinaigre des urines ne pouvait être qu'un résultat secondaire des changemens de l'urée qu'il jugeait bien être susceptible d'une sorte de fermentation spontanée ; mais je le regarde aujourd'hui comme un produit primitif, comme un acide qui coexiste avec tous les autres ; et les faits que je viens de rapporter le prouvent, je crois, suffisamment.

Parlons ici d'une observation qui ne paraîtra point étrangère à l'histoire des urines. Il n'y a, par exemple, personne qui n'ait souvent éprouvé un besoin d'uriner, devenu tout-à-coup si vif et si pressant, qu'il laisse à peine le temps de se mettre à l'écart pour y satisfaire. L'évacuation en est extrêmement cuisante, et elle n'amène pourtant qu'une assez petite quantité d'urine ; d'où vient alors l'espèce de cautérisation que ce liquide occasione sur son passage. C'est certainement un excès d'acidité qu'il faut en accuser. J'ai eu, dans plusieurs occasions, la curiosité de goûter la mienne, et je l'ai trouvée d'une aigreur qu'elle n'a point ordinairement ; mais est-ce à l'acide phosphorique, est-ce à celui du vinaigre qu'il faudra rapporter cette variation ? Je ne sais. Il est certain au moins que les fonctions qui entretiennent la vie créent cet acide, dont une partie s'échappe par la transpiration, et le surplus par les voies urinaires.

Acide benzoïque. Nos urines, comparées à celles de quelques animaux, ne produisent ou n'expulsent que fort peu d'acide benzoïque. Quand on a saturé d'acide sulfurique des extraits déjà débarrassés de leurs cristaux, on le voit se déposer en écailles satinées, qu'il suffit de

recueillir, de traiter même par l'acide nitrique, si l'on veut, pour l'avoir dans toute sa pureté.

Il se trouve également mêlé avec la résine, dont nous parlerons tout-à-l'heure; et à mesure qu'elle se dessèche, il l'abandonne en s'attachant au papier qui la couvre.

Résine. Une substance fauve, odorante et résineuse me paraît être le signe de l'odeur, de la couleur et de la saveur amère des urines. Quand cette résine n'y serait pas dissoute par le concours de tant de sels, il lui suffirait de fort peu d'ammoniaque pour s'y maintenir, attendu sa grande solubilité dans les alcalis.

Lorsqu'on mêle de l'acide sulfurique ou muriatique à un extrait débarrassé de ses principaux sels, on en sépare sur-le-champ du vinaigre, de l'acide benzoïque et de la résine qui se dépose sous l'apparence d'une huile noire et épaisse. On la lave à l'eau chaude; puis on la ramasse dans un bocal, où elle prend la consistance de poix noire.

Il est possible maintenant que ce produit n'existe dans l'urine que comme une matière huileuse ou grasse, colorée de la nuance qu'on voit à ce liquide; peut-être même ne doit-elle son caractère résineux qu'aux réactions combinées de l'air et de la chaleur des évaporations. Néanmoins, comme elle se retrouve avec la même qualité dans plusieurs calculs, je n'hésite point à la considérer comme étant décidément résineuse. Quoi qu'il en soit, sa parfaite solubilité dans l'alcool, sa tenacité poisseuse, et une odeur aromatique tirant à celle du castoréum, ne me permettent de l'assimiler qu'aux produits inflammables ou sur-hydrogénés.

Sa dissolution dans l'alcool ne blanchit presque point

avec l'eau ; elle se divise, et semble s'y dissoudre au premier abord ; mais ensuite elle se sépare des liqueurs, et donne alors un dépôt noir insoluble.

La potasse la plus faible la dissout sans dégagement d'ammoniaque ; les acides l'en précipitent, et, à l'aide de l'eau chaude, on en voit les parties se réunir et repasser à la consistance de résine molle.

Elle se dissout dans la bouche et y cause une impression très-remarquable ; c'est une saveur âcre, amère, qui fait crachoter d'une manière désagréable, analogue surtout à celle que l'on éprouve en goûtant les bulbes de l'arum : c'est par conséquent son amertume qu'on retrouve dans l'extrait d'urine et dans l'urée qui n'en a pas été suffisamment purifiée. Sa couleur rousse et foncée est également celle que les urines prennent dans la tranche qui se trouve en contact avec l'air. Tous ces attributs ne me permettent donc pas de douter qu'elle ne soit le principe essentiellement teignant et odorant des urines, comme des linges qui en ont été mouillés quand ils sont échauffés.

La distillation vient encore à l'appui de ses qualités résineuses. Elle fond, elle se gonfle, elle donne peu ou point d'eau, une légère odeur ammoniacale, une huile épaisse et abondante, mais surtout un charbon considérable ; car il est de 46 pour cent ; j'oubliai de l'incinérer pour en examiner la cendre ; je le pouvais bien ; j'ai eu jusqu'à 8 onces de cette résine.

Elle a aussi une disposition singulière à se réduire en poudre, quand on la garde sous l'eau ; c'est même avec cette forme qu'elle se montre quand on la précipite d'un extrait trop clair ; aussi, pour l'avoir ralliée et consis-

tante, il est avantageux de prendre les extraits au degré d'épaisseur d'un sirop de mélasse.

Substance noire particulière. J'ai bien certainement fait évaporer deux mille pintes d'urine, et toute dans des bassines d'argent : cela m'a mis dans le cas de saisir quelques produits, qui sans doute m'auraient échappé sur de moindres quantités ; telle est, par exemple, la résine.

Il faut maintenant parler d'une matière noire que les acides séparent des extraits en même temps que la résine. Long-temps j'ai soupçonné que ce pourrait être une portion de résine altérée dans le rapport de ses élémens, dénaturée ou endurcie par une sorte de sur-oxidation particulière ; mais je vois, d'un autre côté, qu'elle s'en écarte par des caractères trop prononcés pour qu'elle ne soit pas une substance *sui generis.*

C'est une poudre noire qui se sépare de la résine par les lavages répétés dans l'eau de cette dernière.

Elle est aussi insoluble dans l'eau que dans l'alcool, qui la purifie de tout reste de résine.

Elle se dissout avec une extrême facilité dans la potasse, mais point à la manière des substances animales, qui toutes s'y détruisent, en exhalant de l'ammoniaque et de l'hydrogène sulfuré.

Les acides l'en précipitent sous l'apparence d'un caillé fromageux, noir et volumineux ; quand elle est sèche, elle brille et ressemble à de l'asfalte concassé.

La résine des urines est bien différente ; dissoute dans la potasse, puis précipitée par un acide, elle se ramasse en une matière poisseuse, comme une térébenthine ; ses restes salissent, colorent et infectent de leur odeur les liqueurs qui accompagnent la précipitation ; mais rien

de tout cela n'arrive avec la matière noire; sa séparation est complète, et les liqueurs en sortent blanches. Cent parties de cette matière ainsi purifiée donnent à la distillation de l'eau, très-peu d'ammoniaque, un soupçon d'huile et 65 de résidu charbonneux, ce qui est autant qu'en fournissent communément les charbons de terre.

Ce charbon inciné laisse beaucoup de silice; mais je n'ai point suffisamment examiné combien, et quelles sont les autres parties de sa cendre.

Soluble dans la potasse la plus faible, je ne doute point qu'elle ne le soit aussi dans l'ammoniaque, toujours si abondante par la destruction de l'urée; mais quelle est-elle, d'où vient-elle? On la trouve dans les urines; est-ce là son état primitif? est-ce une portion de charbon dont se débarrasserait l'assimilation organique? Je n'en sais rien; mais j'ai dû la faire connaître, parce que peut-être un jour on lui découvrira des rapports, une filiation que nous ne soupçonnons pas pour le moment.

De l'Urée. Ce que j'ai à dire aujourd'hui sur cette substance ne sera guère qu'une ampliation des recherches de Fourcroy et de M. Vauquelin; ils ne nous ont, en effet, rien laissé à desirer sur la connaissance de son étonnante mutabilité. Cependant, comme en chimie, on ne saurait répéter une seule expérience sans découvrir quelques aspects qui l'éclairent d'un nouveau jour, je vais rassembler ici quelques particularités qui m'ont conduit à me faire de l'urée des idées beaucoup plus nettes que celles que j'en avais lors de mon premier Mémoire. C'est, par exemple, une chose remarquable que, parmi les produits de l'action vitale, on n'ait encore rien découvert

d'aussi mobile dans sa composition, d'aussi disposé à changer d'état que l'urée ; à la vérité, nous ne jugeons bien de cela que tandis qu'elle fait partie de l'urine, où, se trouvant étendue de beaucoup de liquide, mais toujours aussi accompagnée de beaucoup de matières étrangères, on la voit en effet se transformer en carbonate d'ammoniaque avec une rapidité surprenante. Mais si l'urée se trouvait délayée seule dans une certaine quantité d'eau, et secondée d'une température appropriée, je me persuade qu'obéissant alors à cette tendance à fermenter, qui me paraît inhérente à sa nature, elle se changerait d'elle-même en carbonate d'ammoniaque ; peut-être éprouve-t-elle déjà le commencement de cette fermentation dans la vessie même, lorsqu'une détention contre nature l'y arrête trop long-temps, puisque, comme l'ont souvent remarqué les médecins, l'urine, en s'échappant par les sondes, exhale une fétidité décidément ammoniacale : mais occupons-nous de l'extraction de l'urée.

L'extrait d'urine, séparé par l'application de l'alcool des sels que ce dernier ne peut dissoudre, retient encore de l'acétate, du benzoate et du muriate d'ammoniaque, souvent même aussi du sel marin, si l'alcool a été trop ménagé ou n'était pas trop sec.

Fourcroy et M. Vauquelin s'en aperçurent bien, mais ce qui me paraît avoir échappé à leur attention, c'est la substance résineuse dont j'ai parlé; c'est elle, en effet, qui communique à l'extrait sa couleur foncée, sa fétidité, son amertume, et enfin toute l'âcreté qui lui est particulière, d'où il résulte alors que l'urée, telle que la donne l'alcool le plus sec, reste toujours plus ou moins chargée de sels déliquescens, mais surtout de la résine dont nous

parlons; et en effet, l'urée de Fourcroy laisse du charbon après sa distillation, tandis que celle que donne le procédé suivant n'en laisse point; telle est, par conséquent, leur différence.

Dépuration de l'Urée. On fait chauffer, avec de la céruse, le sel écailleux uro-nitrique, étendu d'une certaine quantité d'eau; il y a effervescence, on filtre, on évapore; cela donne des cristaux de nitrate de plomb en abondance; on évapore encore un peu l'eau-mère, puis on y ajoute de l'alcool, assez pour précipiter les restes du nitrate. L'eau-mère éclaircie, on la distille pour en séparer l'alcool; ensuite on étend d'eau le résidu de cette distillation, et on le soumet à un courant d'hydrogène sulfuré; cela fait, on filtre, on concentre, et à la fin, on obtient l'urée pure. C'est maintenant sur ce résultat que nous appellerons l'attention.

Urée pure. C'est une substance congelée, cristalline, transparente, colorée au plus comme le sirop de capillaire, et d'une consistance de térébenthine, quand elle est rapprochée jusqu'au point où elle va commencer à changer d'état. A ce degré, sa pesanteur est à celle de l'eau comme 133 ou 134 est à 100.

En inclinant sous différens sens la retorte, on reconnaît aisément que l'urée est un assemblage de faisceaux cristallins et lustrés; à l'air, elle en attire l'humidité. Elle se résout en un liquide assez clair, d'une saveur fortement salée, mélangée pourtant de fraîcheur; mais sans la moindre amertume, sans odeur sensible, sans couleur enfin; de sorte qu'on n'en peut inférer ni la couleur jaune, ni cette odeur forte dont l'urine a coutume de teindre et d'infecter le linge.

L'urée, d'après cela, ne peut donc pas être le principe odorant et teignant des urines; et, comme dans l'ictéritie, ainsi que dans une multitude de cas pathologiques, l'urine se montre souvent avec une couleur jaune, et plus ou moins orangée, ma conjecture est, pour ce moment, qu'une partie de la résine de la bile s'échappe aussi des fonctions vitales par une seconde voie, qui est celle des urines; mais revenons à l'urée.

La plus ample dégustation n'y aperçoit pas la moindre acidité, aussi ne change-t-elle ni la violette ni le tournesol, ni ce dernier viré par un acide; une grande quantité d'urée ne fait même pas disparaître l'odeur de quelques gouttes d'ammoniaque; enfin, elle ne trouble ni l'eau de chaux ni le nitrate de plomb, ni le suc de noix de galle; toutes qualités bien suffisantes pour confirmer que si l'urine est une production saline, elle n'est pourtant ni acide ni alcaline.

De l'acide nitrique avec l'urée. Un acide de 30 degrés la convertit, au moment même où il la touche, en feuillets orbiculaires, cristallins, nacrés, parfaitement blancs, tandis qu'ils sont jaunes ou fauves avec une urée qui n'a pas été purifiée de résine. L'union de l'acide, ou sa consolidation avec l'urée, occasione un dégagement de chaleur très-sensible, circonstance qui annonce bien qu'il y a là plus que simple mélange.

L'alcool dissout ce sel aussi abondamment que l'eau. Par une évaporation lente ou accélérée, on n'en obtient guère que des masses neigeuses ou ramifiées, toujours disposées à grimper très-haut dans les évaporatoires. Jeté sur un charbon ardent, ce sel y brûle avec une scintillation nitreuse; mais il ne laisse point à la fin d'encroû-

tement charbonneux, comme le font les cristaux fauves. En le distillant, il donne des gaz qui ne rougissent point dans l'atmosphère, et qui sont inflammables. Je ne les connais point. A la fin de la distillation, il paraît de l'ammoniaque, mais aucune trace de résidu charbonneux dans le fond de la retorte. Cette décomposition méritera bien d'être répétée; car les résultats ne peuvent manquer d'en être très-instructifs, à cause du grand nombre d'élémens que l'acide et l'urée doivent y fournir, chacun de leur côté. L'on peut aussi, en attendant, se figurer que, dans cette étrange union d'urée et d'acide, ce dernier ne s'y trouve nullement entravé ou combiné avec l'ammoniaque, comme il serait même assez naturel de le présumer en réfléchissant, d'une part, à l'extrême penchant de l'urée à devenir ammoniaque, et de l'autre, à la force avec laquelle un agent aussi impérieux que l'acide nitrique pourrait en provoquer la formation. La preuve en est d'ailleurs évidente; car le sel uro-nitrique se dissout dans la potasse sans qu'il s'en élève la plus légère vapeur ammoniacale : donc enfin, il n'y a pas de nitrate dans cette singulière combinaison, ce qui pourrait alors l'exposer à quelques détonnations dans la retorte. Mais si l'on en fait chauffer une dissolution, encore que ce soit par une chaleur extrêmement modérée, notre sel commence à changer de nature; alors il y en a une partie qui cristallise en nitrate d'ammoniaque au milieu de l'urée; ce qui provient toujours de l'extrême disposition de cette dernière à se convertir en carbonate d'ammoniaque.

L'urée ne troublant ni l'eau de chaux, ni le nitrate de plomb, ni le muriate d'étain, il est donc enfin de la dernière évidence qu'elle ne retient ni muriate ni phos-

phate. Elle diffère en outre de l'acide caséique, de l'acide osmazome et des mucilages animaux, en ce qu'elle n'altère pas le suc de noix de galle.

Décomposition de l'urée. Mais c'est en la chauffant à une température assez faible que sa nature et sa constitution achèvent le mieux de se faire connaître ; car, arriver au terme de l'ébullition et se transformer tout-à-coup en carbonate d'ammoniaque, c'est pour elle une seule et même chose.

Au commencement, elle donne à peine quelques gouttes d'eau ; alors elle bouillonne, le carbonate s'élève et passe rapidement dans l'allonge ; vers la fin, il jaunit un peu, ce qui indique une légère vapeur huileuse ; mais rien ne se condense, et pas la plus faible odeur de gaz prussique. Le carbonate essayé n'en offre pas même le soupçon. L'opération terminée, on ne trouve pas la moindre trace de résidu charbonneux dans la retorte.

La théorie de tout ceci est donc enfin, que, dans cette singulière production, l'oxigène, l'azote, l'hydrogène et le carbone se trouvent associés dans un rapport tel qu'aucun de ces quatre facteurs n'excède ce qui convient pour la création de l'ammoniaque et de l'acide carbonique.

La résolution de l'urée s'exécute très-bien dans une retorte placée au-dessus de la flamme d'une lampe simple. Son ébullition est fougueuse, à cause de la grande dilatabilité de l'ammoniaque, et quoiqu'on la prenne au degré d'intensité que j'ai indiqué plus haut, je ne présume pas pour cela que la température où elle change d'état soit de beaucoup supérieure à celle de l'eau bouillante. Tout ceci confirme pleinement qu'il n'y a, comme

l'a dit Fourcroy, rien dans la classe des produits animalisés dont l'équilibre de composition soit aussi facile à déranger, et l'existence, par conséquent, plus voisine de la destruction.

On aperçoit maintenant d'où vient le carbonate d'ammoniaque qui se produit avec tant d'abondance dans les urines abandonnées aux chaleurs de l'été; d'où vient celui qui s'en échappe sans cesse, et se renouvelle de même autant de fois qu'on présente leur extrait au feu; de là un précepte pratique : c'est que pour se procurer de l'urée, il ne faut pas en pousser la concentration au-delà du terme où quelques gouttes d'acide nitrique suffisent pour en obtenir à l'instant le sel feuilleté. En réfléchissant aussi à l'emploi de la céruse pure, on voit qu'elle satisfait à toutes les attentions que pourrait motiver la crainte d'extraire une urée mêlée de sels étrangers; et en effet, de l'acétate, du benzoate, du muriate d'ammoniaque, des phosphates, de la résine enfin, tout cela se décompose ou s'arrête au contact de l'oxide; l'ammoniaque s'en va, et les nouveaux sels métalliques insolubles dans l'alcool s'en trouvent complètement éliminés.

Voici, par exemple, un moyen de simplifier cette purification que je regrette de n'avoir pas suffisamment répétée afin d'en assurer davantage le succès. Il s'agit de traiter, au lieu du sel uro-nitrique, l'extrait d'urine préalablement débarrassé de ses sels par l'alcool. Par exemple, l'urée que j'obtins par ce procédé n'était guère plus colorée que la précédente. Cela vient de ce que la résine s'attache fort bien à la céruse. Je suis donc persuadé qu'en la repassant sur de nouvelle céruse, puis la

traitant par l'hydrogène sulfuré, je l'en aurais retirée parfaitement purifiée.

L'urée traitée par divers oxides semble promettre des résultats d'un grand intérêt. La facilité, par exemple, avec laquelle ses élémens se désunissent par de très-basses températures, nous conduit à prévoir qu'elle se prêterait aussi aisément à donner de l'acide nitrique que de l'ammoniaque. Il ne faut pas douter que par-tout où l'urine arrose des terrains obscurs ou ombragés, elle n'en favorise la nitrification, comme l'ont pensé Fourcroy et M. Vauquelin. Aujourd'hui surtout qu'on pourra les recueillir avec une abondance capable de fixer plus attentivement les regards de l'industrie, si les fosses inodores réussissent à se multiplier, ce sera bien certainement la plus importante application qu'on en puisse faire; car le sel ammoniac nous manquera toujours moins que le salpêtre; mais ce sera surtout dans les parties de l'Europe où la terre semble ne pouvoir créer du salpêtre qu'avec l'assistance des effluves animales. Cette formation est bien lente, à la vérité, soit qu'elle dépende de l'indolence de ses élémens, soit que la tiédeur de nos climats n'en seconde pas efficacement les attractions. Ce qu'il y a de décourageant, par exemple, c'est de voir que la chimie, malgré tant de progrès en tout genre, n'ait encore aucun conseil, aucune direction satisfaisante à donner pour accélérer la production de ce sel; et ce qui ne l'est pas moins peut-être aussi, à cause de la rareté toujours croissante des potasses en Europe, et bientôt en Amérique, c'est de voir que le concert des affinités qui font naître l'acide nitrique s'obstine constamment à le déposer dans des terres, au lieu de

créer d'un même coup la base qui convient à nos besoins.

Nitrification en Espagne. Mais sous le ciel de l'Espagne, au contraire, la nature, beaucoup plus active et non moins mystérieuse, se plaît à créer l'acide avec la base : aussi ne connaît-on l'usage de la potasse dans aucune de ses fabriques, et l'examen des eaux-mères m'en a pleinement confirmé l'inutilité, au moins pour celles de Madrid, de Salamanque et de Sarragosse, où on ne trouve en effet que du muriate et du sulfate de magnésie. Il est donc incontestable que si, en France, il faut, pour produire du salpêtre, et la moiteur, et l'obscurité des souterrains, et l'air stagnant des lieux habités, afin d'y faire concourir leurs émanations; au contraire, il ne faut, en Espagne, que des terres absolument étrangères à toutes ces influences.

A l'époque de juin, par exemple, où le soleil darde ses rayons les plus embrasés sur des terres déjà mille fois lessivées, il arrive un instant que mon malheureux ami Fernandez m'a bien fait observer, il arrive un instant, dis-je, où leur superficie, toute poudreuse qu'elle est, s'anime d'un léger mouvement de crépitation ; elle frétille au contact de ces ondulations qui sont si sensibles dans l'atmosphère quand la chaleur d'une journée brûlante en trouble la densité. Ce phénomène a lieu pendant une quinzaine de jours, après quoi tout rentre dans le calme, et la nitrification est finie pour cette année. Voici la preuve qu'en donnent les faits : Fernandez fait la lessive de ces terres; d'abord, il y trouve du salpêtre qui n'existait pas huit jours auparavant; puis il achève de se convaincre, par la répétition des mêmes

essais, que le reste de la saison n'ajoutera plus rien désormais à la récolte; l'époque de cette étonnante fécondation est passée.

Mais si les potasses venaient à manquer tout-à-coup à la France, si les chances du commerce ou de la politique menaçaient ses fabriques d'un pareil revers, est-ce donc l'Angleterre qui laisserait arriver le salpêtre de l'Inde dans nos ports? Est-ce l'Espagne qui consentirait à nous vendre celui de sa récolte? Comme il est de la prudence de ne jamais s'exposer à un semblable avenir, je ne vois pas pourquoi l'on ne reconnaîtrait pas plus tôt que plus tard s'il n'y aurait pas, dans nos provinces méridionales, des cantons aussi appropriés à la génération du salpêtre, que ceux de Madrid, de Salamanque, de Sarragosse, et même de la Catalogne, dont la température et la sécheresse estivales ne paraissent pas de beaucoup l'emporter sur celles de la Provence ou du Languedoc. J'ai aussi un souvenir confus, c'est que les provinces qui, comme les Asturies, la Galice, avoisinent de trop près la mer, ne sont, je crois, pas propres à la production de ce sel.

Thouvenel, en remportant le prix de l'Académie (de dix mille francs, je crois), confirma la théorie qu'on avait déjà sur la nitrification dans nos climats; mais il ne put pas nous apprendre à en augmenter la récolte.

Pourrait-on donc offrir moins à l'homme qui saurait fabriquer en France du salpêtre à la manière d'Espagne? à celui qui nous affranchirait de la nécessité des potasses, dont l'approvisionnement sera toujours inquiétant, par cela même qu'elles sont exotiques, et par conséquent toujours à la merci des rivaux de notre prospérité? Effet

d'un préjugé ou non, je pense aussi que c'est avec des terres déjà lessivées qu'il faudrait en commencer les essais; et enfin, si, pour y encourager, il faut faire retentir ici la voix de l'intérêt, j'ajouterai que le salpêtre raffiné, à preuve de nitrate d'argent, qu'on recueillait d'une fabrique élevée par les soins de Fernandez, autour des murailles de Sarragosse; que ce salpêtre, dis-je, ne revenait au Roi à-peu-près qu'à 27 centimes la livre; c'est chose qui paraissait incroyable à l'ancienne Administration des Salpêtres de Paris, et que je n'aurais pas osé avancer moi-même si les comptes que Fernandez remit au Gouvernement en l'année 1803 ne m'en eussent pas garanti la certitude. A la vérité, la méthode d'extraction établie par Fernandez diffère de celle de France. Ici, par exemple, on évapore la lessive au feu; tandis qu'en Espagne, c'est au soleil : il y a par conséquent des comparaisons à faire dans les dépenses respectives de ces deux procédés. Un autre avantage de la méthode d'évaporation au soleil, c'est que le salpêtre brut qu'elle fournit est plus riche en salpêtre raffiné que celui de France.

Dans une note qui m'a été donnée, dans le temps, par Fernandez, je trouve, par exemple, que le premier rend de 62 à 84 centièmes de salpêtre pur, quand celui de France ne rendait pas au-delà de 65 à 70. Mais on trouvera beaucoup de détails sur les procédés d'Espagne, dans le *Journal d'Agriculture* de Madrid, de 1803 et années antérieures.

Action de l'acide sulfurique sur l'urée. Lorsqu'avec un acide sulfurique bien affaibli l'on traite des extraits d'urine débarrassés de leurs sels, on décompose, comme je l'ai dit, l'acétate, le benzoate; on précipite la résine,

et à la fin, on obtient du sulfate d'ammoniaque en abondance aussitôt qu'on y mêle de l'alcool. Mais si l'on ajoute au restant de nouvel acide, on est fort étonné d'en retirer encore autant de sulfate qu'au commencement. Voilà le résultat qui me conduisit à penser que l'urée pouvait bien n'être qu'un sel ammoniacal particulier ; je le marquai même à M. Vauquelin. Mais, enfin, je reconnus d'où partait ma méprise ; c'est que l'urée se changeait en ammoniaque, sollicitée à ce dérangement par les affinités de l'acide sulfurique, et il ne me restait, à la fin, qu'un résidu qui n'était plus que de la résine : de l'urée pure, traitée avec cet acide, finit par me convaincre de ce changement.

Combinaison du sulfate avec l'urée. Mais le sulfate qu'on obtient ainsi n'est pas simple, quelques soins qu'on ait mis d'ailleurs à le purifier avec de l'alcool, et en voici la preuve : on le distille, il se tuméfie, il fond, il donne du carbonate d'ammoniaque, de l'ammoniaque libre, et un gaz prussique d'une odeur bien décidée ; le résidu, semé de taches charbonneuses, est gris, acidule et encore plus fusible. La cristallisation de ce sulfate différera sans doute de celle du sulfate pur à cause de son union avec l'urée ; mais je ne pensai point alors à en chercher la différence.

Sels contenus dans les urines. Les trois muriates de soude, de potasse et d'ammoniaque se trouvent dans les urines ; ce dernier en bien plus petite quantité que les autres. Ils cristallisent avec les formes qui leur sont ordinaires, mais quelquefois aussi modifiées par leur combinaison avec l'urée. Ainsi que s'en sont aperçus Fourcroy et M. Vauquelin, j'ai vu le muriate d'ammoniaque affecter

le cube, et celui de soude l'octaèdre. Quant au muriate de potasse, on peut croire que la même union doit en faire également varier la forme.

Mais ce dernier n'est pas aussi rare dans les urines qu'on le pense. L'expérience suivante m'a fait connaître qu'il faisait à-peu-près moitié de celui de soude. J'ai précipité avec un muriate de platine bien saturé deux solutions composées, l'une de cent parties de muriate de potasse, et l'autre d'autant de muriate des urines. La première a donné quinze parties de mnriate jaune de platine et de potasse, et la seconde sept seulement, d'où j'ai conclu la proportion que j'ai assignée plus haut. Je ne passerai pas sous silence un fait qu'on trouve dans l'*Histoire de la Conquête de l'Amérique*, par Zaraté, ou par Lopez de Gomara, capitaines contemporains des Pizarros. Le voici :

Les Indiens situés au long du fleuve de la Magdelaine, dans la province de Sainte-Marthe, à soixante lieues de la mer, manquaient souvent de sel. L'observation les conduisit à découvrir que les urines en contenaient assez pour pouvoir suppléer celui que leur position leur refusait. Ils pratiquaient, en conséquence, la cuite des leurs; ils en clarifiaient le sel avec une colle tirée de certaines plumes d'oiseaux, et s'en servaient pour assaisonner leurs alimens. On trouve aussi dans la *Conquête de la Floride*, sous la direction du capitaine *Hernando de Sato*, des détails curieux sur les maladies qui assaillirent ses compagnons, lorsque le sel vint tout-à-coup à leur manquer; mais aussi quand, quelques jours après, ils en eurent découvert en abondance, plusieurs d'entre

eux s'acharnèrent à en manger avec une sorte de fureur, et cet excès leur coûta la vie. (*Histoire de cette Conquête par Garcilasso Inca.*)

Phosphate d'Ammoniaque. Ce phosphate pur et simple ne peut jamais se trouver dans les urines ; mais, pour se faire une idée de cette impossibilité, il faut avoir égard aux faits qui vont suivre.

L'acide phosphorique saturé d'ammoniaque cristallise assez facilement ; il affecte d'abord l'octaèdre régulier, ensuite l'octaèdre coupé sur deux faces opposées, que donne l'alun, et en troisième lieu le prisme à quatre pans, terminé par une pyramide d'autant de faces. Ce sel n'effleurit point ; il garde sa transparence, et n'altère pas le tournesol ; sa saveur est purement salée, légèrement piquante et sans mélange d'amertume ; mais la chaleur de la bouche est déjà suffisante pour en déranger les rapports, et commencer en quelque sorte son analyse.

En effet, un instant après l'avoir mâché, une vapeur ammoniacale vient frapper le palais, et la langue ne tarde guère non plus à distinguer une acidité que la première impression ne saurait détruire.

Il est par conséquent difficile de faire bouillir une dissolution de ce sel sans en décomposer une grande partie. L'ammoniaque se dissipe en abondance, et lorsque l'évaporation est avancée, il reste une liqueur sirupeuse, acide, au milieu de laquelle cristallisent encore quelques octaèdres de phosphate.

Le phosphate d'ammoniaque, chauffé dans une cuiller de platine avec la flamme en dessous, se dissipe en

entier. L'eau, l'ammoniaque et l'acide se suivent; les fumées de ce dernier sont sensibles, et elles font sur l'odorat la même impression que des vapeurs d'acide sulfurique. Une chaleur rouge enfin le dissipe en entier; mais il est rare qu'il ne laisse au fond de la cuiller un léger enduit vitreux, par cela seul que l'acide a été préparé dans des vaisseaux de verre.

Je dirai plus : je n'ai pas encore rencontré jusqu'ici d'acide phosphorique rigoureusement pur; car on ne saurait le concentrer un peu au-delà de l'épaisseur d'un sirop, ni même le garder dans un flacon, sans qu'il n'en ronge en plus ou moins de temps le poli : de là, ces flocons gélatineux, ces concrétions, ces cristaux qu'on remarque au bout de quelque temps dans les acides concentrés, et qu'on a pris avec assez peu de fondement, je crois, pour des acides cristallisés. De pareils acides, en effet, ne se dissolvent point en entier dans l'alcool comme celui qui est pur.

Le phosphate dont nous parlons, chauffé dans une retorte, perd de l'eau, de l'ammoniaque, puis laisse un résidu acide de $\frac{62}{100}$. Ce résidu transparent, vitreux, n'est déjà plus un acide pur; c'est une dissolution du verre de la retorte : aussi ne s'échauffe t-il pas avec l'eau, comme celui qui n'a été poussé qu'à consistance de sirop; sa dissolution laisse séparer de la silice gélatineuse, et l'alcool lui en fait encore déposer; mais l'évaluation de $\frac{62}{100}$ n'en est pas moins rigoureuse, puisqu'on la défalque du poids de la retorte.

Dans un creuset de platine, elle serait, je crois, plus difficile, à cause de la volatilité de cet acide plus considérable qu'on ne l'a cru jusqu'à ce jour; et enfin, si

l'on force de chaleur, la retorte se détruit rapidement, et tout se perd dans le fourneau.

Phosphate de soude. Ce sel existe plus abondamment dans les urines que le phosphate de soude ammoniaqué, ou sel microcosmique dont nous parlerons plus loin.

Ses lames rhomboïdales, posées en recouvrement, se présentent à la cristallisation, tantôt avant, tantôt après le phosphate ammoniaqué; il verdit le suc de violettes, et ramène au bleu le tournesol viré par un acide; il s'effleurit aussi fort aisément. Par la distillation, il perd cinquante pour cent d'eau, et même jusqu'à soixante-quatre, quand il est dans toute sa fraîcheur. Le résidu est une masse vitreuse, bien fondue, qui n'attaque pas sensiblement la retorte, parce que son acide est à-peu-près saturé. Ce sel a été connu de tous les chimistes qui se sont occupés de l'analyse des urines. *Voyez* Pott, Margraff, Schlosser, Roüelle, etc.

Quand on le trouve pur dans les urines, c'est une preuve que le phosphate d'ammoniaque ne s'y trouve pas; il ne le peut pas même : les faits du chapitre suivant démontreront cela. Mais il y a, je crois, un sous-phosphate de soude, ou bien avec excès de cette dernière; ce sera peut-être, celui que le docteur Pearson proposa comme purgatif, parce qu'il n'a presque pas de saveur; mais par cela même aussi ne purge-t-il point.

Sel microcosmique, ou *Phosphate de soude ammoniaqué.* Le précédent a la propriété de se combiner au phosphate d'ammoniaque dans une proportion que je crois constante, à cause de l'immobilité de ses cristaux. Ses qualités sont aussi fort différentes de celles des deux phosphates prises séparément. Pour l'obtenir, on fait dis-

soudre deux parties de phosphate de soude avec une de phosphate d'ammoniaque. L'évaporation conduite à son point, on retire des prismes tétraèdres rhomboïdaux légèrement tronqués dans deux de leurs bords opposés, et coupés suivant leur longueur. Ces prismes s'isolent et se forment seuls sur le fond de l'évaporatoire, ou bien ils s'entre-coupent selon différentes inclinaisons. Ces cristaux sont transparens; avec le temps, ils prennent de l'opacité, mais sans s'effleurir ni perdre de leur consistance, comme cela arrive au phosphate de soude pur. Leur saveur est salée, fraîche, sans mélange d'amertume, mais un peu ammoniacale. Si on les fait redissoudre deux ou trois fois de suite, ils ne changent pas de forme; voilà ce qui me fait juger que ces deux phosphates, en s'unissant, se constituent selon une proportion qui ne varie pas. Mais leur eau-mère exige, pour donner ces derniers cristaux, une addition d'ammoniaque, parce que ce phosphate est sujet à perdre, durant le cours de concentrations, une partie de celle qui le saturait. Ce sel ne saurait même supporter une longue ébullition sans en perdre beaucoup; alors il se réduit en une liqueur oléagineuse, qui refuse de cristalliser, à moins qu'on ne lui restitue de l'ammoniaque.

Chauffé dans une retorte, ce sel se distingue des phosphates simples par des propriétés remarquables; il donne ordinairement de 56 à 58 centièmes d'eau chargée d'ammoniaque. Le résidu est une masse fondue de la plus parfaite transparence; il diffère éminemment de celui que laisse après lui le phosphate d'ammoniaque pur, en ce qu'il n'attaque jamais les retortes.

Ce singulier verre attire bientôt l'humidité; il devient

gluant, et finit par se résoudre en liqueur. Au goût, on ne lui trouve aucune acidité ; il a même je ne sais quoi de doucereux. Cependant il rougit le tournesol ; enfin, il se dissout dans l'eau sans chaleur, et ne donne par les évaporations aucuns cristaux. J'ai oublié de dire que ce verre est ordinairement de 43 à 44 centièmes du phosphate de soude ammoniaqué. Ces résultats démontrent donc que ce sel n'est pas un trisule, mais bien un sel doublé par un autre, attendu que l'acide phosphorique me paraît s'y trouver partagé sur deux bases différentes.

Ainsi, ce verre n'est autre chose actuellement que le phosphate de soude uni à la portion d'acide que le phosphate d'ammoniaque lui a laissée par sa décomposition ; sans elle, en effet, il serait opaque, puisque c'est là le caractère de la masse vitreuse que fournit le phosphate de soude pur et simple. Telle est la nature du sel de soude ammoniaqué que l'on retire des urines, ou de celui qu'on nommait autrefois *sel microcosmique*. Entre ce dernier, enfin, et le sel artificiel, dont nous venons de parler, il ne m'a pas été possible de remarquer la plus légère différence ; mais quoique, pour le former, je me sois arrêté à la proportion de deux parties de phosphate de soude contre une de phosphate d'ammoniaque, il n'en faut pas conclure que ce soit aussi celle du nouveau sel qui en est résulté, parce que j'ignore si les élémens du dernier se trouvent assujettis au même degré de condensation où ils étaient auparavant dans chacun des deux sels pris séparément.

Si l'on considère actuellement la facilité avec laquelle le phosphate de soude ammoniaqué se dérange dans ses

rapports par de fréquentes ébullitions, on verra pourquoi il fallait, selon la méthode de Rouëlle, et ce que j'ai vu si souvent moi-même aussi, pourquoi, dis-je, il était indispensable d'ajouter de l'ammoniaque aux extraits qui restent après les premières levées de cristaux, si l'on voulait épuiser les récoltes. Toujours l'urée fournit de l'ammoniaque par l'ébullition, ce qui est en pure perte pour le phosphate, qui, de son côté, ne cesse d'en perdre aussi. Mais aujourd'hui qu'on peut former ce double phosphate avec beaucoup de facilité, on s'épargnerait, s'il devenait plus utile, les dégoûts d'une des plus longues et des plus fastidieuses manipulations de l'ancienne chimie : tels sont, enfin, les progrès de la science de nos jours.

Le verre, résidu de la distillation du phosphate ammoniaqué, ou microcosmique, ne donne de phosphore avec le charbon que par l'excès de son acide ou de celui qui appartenait au phosphate d'ammoniaque; et par conséquent fort peu. Débarrassé de cet excès d'acide, il peut cristalliser, et ses cristaux sont alors le sel que je pris autrefois pour un être nouveau; mais *Klaproth* me redressa; il fit voir que ce n'était que du phosphate de soude pur et simple. On analyse aussi très-bien ce verre, en mêlant à sa dissolution de l'alcool aiguisé d'acide sulfurique; le sulfate se produit aux dépens de la base, et l'acide phosphorique se trouve seul dans l'alcool. La soude complète aussi la saturation de ce verre, et tout devient phosphate de soude.

J'ai fait observer plus haut que le phosphate d'ammoniaque simple ne pouvait pas se trouver seul dans les urines : la raison en est évidente pour peu qu'on se rap-

pelle ici deux choses : la première, que ce sel étant très-disposé à s'unir au phosphate de soude pour le convertir en sel microcosmique, toutes les fois qu'on trouve du phosphate de soude simple dans les urines, c'est une preuve que le phosphate d'ammoniaque manque.

Si, d'un autre côté, l'on considère que l'on retire en général fort peu de phosphate de soude ammoniaqué des urines, l'on pourra très-bien douter que ce sel existât primitivement ; je présume, en effet, que ce sel ne commence à y paraître qu'à l'époque où la fermentation de l'urée fournit de l'ammoniaque : celle-ci alors, saturant l'acide libre qui donne de l'acidité aux urines, fait naître la portion de phosphate d'ammoniaque simple, qui doit se combiner au phosphate de soude simple, pour se convertir en phosphate de soude ammoniaqué, ou jadis microcosmique.

Sur le Phosphore. De toutes les préparations dont on a usé jusqu'à ce jour pour obtenir le phosphore, le phosphate d'ammoniaque serait sans doute la plus avantageuse si on pouvait l'obtenir à bas prix. Mais lors même qu'on y réussirait, il faudrait encore chercher à diminuer le nombre des causes qui semblent s'enchaîner pour en diminuer la quantité.

L'expérience qui suit a été faite pour reconnaître sur quelle quantité de phosphore on pourrait compter, en usant de ce phosphate dans les circonstances les plus favorables.

161 à 162 grains de ce sel, si l'analyse que j'en ai faite n'est point erronée, en contiennent 100 d'acide. 100 grains de cet acide doivent donc en donner de 36 à 40 de phosphore, d'après celle de Lavoisier.

J'ai fait un mélange de 13 gros et demi de phosphate, qui répondent à 600 grains d'acide, et qui peuvent fournir par conséquent de 230 à 240 de phosphore, avec 10 gros de charbon de pin bien préparé.

Ce mélange a été tenu d'abord à une chaleur douce, afin d'en dissiper l'humidité, puis l'ammoniaque, ensuite il a été chauffé dans une retorte de verre convenablement lutée, récipient à double bec, communication pneumatique, etc. Tout a été gouverné et terminé sans malencontre; la retorte s'est bien soutenue jusqu'à la fin.

D'abord il a passé de l'eau, puis de l'ammoniaque, de l'acide carbonique, ensuite de l'acide phosphoreux, qui a changé l'ammoniaque en phosphite, et enfin, des gaz en abondance, dont le volume a rempli douze flacons de pinte.

Du premier au cinquième, c'était d'abord du gaz inflammable à combustion lente, flamme bleue nuancée de rouge; je l'ai présumé être de l'hydrogène charbonneux mêlé à beaucoup d'oxide gazeux de charbon; pour l'acide carbonique, il n'y en avait pas sensiblement, parce que l'ammoniaque du récipient l'avait retenu.

Du sixième flacon au douzième, les gaz emportent du phosphore dans une proportion toujours croissante, mais le repos et le refroidissement, en le faisant déposer, les mit tous à l'unisson. S'il fallait en juger néanmoins par l'égalité de leurs flammes et par le phosphore qu'ils avaient déposé, l'oxide gazeux de charbon dissolvant, en effet, très-bien le phosphore, j'ai pensé que les derniers flacons n'étaient guère autre chose qu'une dissolution de ce combustible dans le gaz charbonneux.

Aussi la flamme est-elle d'un beau vert jaune. Quant au phosphore du récipient et du col de la retorte, il fut recueilli avec soin, mais il ne passa pas, tout réuni, de 56 à 60 grains.

Il y avait dans le col de la retorte un encroûtement de 12 à 14 grains. C'était du phosphure de charbon, espèce de combinaison que j'ai fait connaître autrefois. La portion de ce phosphure, qui avoisine le plus le corps de la retorte, manque rarement de s'embraser aussitôt qu'elle se trouve à découvert. Elle doit cette qualité à un mélange d'acide concret, qui, s'échauffant vivement au contact de l'air, la dispose à cette déflagration. C'est pareillement à un mélange d'acide concret et de phosphore qu'est due l'inflammabilité des parcelles de matière que l'allumette tire des petits flacons, qu'on appelle *briquets phosphoriques,* et non pas à un oxide qu'on n'a point encore démontré. C'est, par exemple, un fait certain que la neige phosphorique, qui s'entasse dans la cloche où l'on brûle du phosphore avec du gaz oxigène, s'échauffe aussi fortement dans l'eau que l'huile de vitriol. Si nous comparons maintenant 60 ou 70 grains de phosphore que cette opération a fournis, avec les 240 auxquels nous nous attendions, nous voyons qu'on ne peut pas désoxider l'acide phosphorique sans une perte considérable ; premièrement, parce qu'une partie se volatilise sans éprouver de changement ; secondement, parce qu'une autre se fait acide phosphoreux ; troisièmement, parce qu'une autre corrode, par sa concentration, les retortes pour dissoudre des terres ; quatrièmement, parce qu'une partie du phosphore se fait phosphure de charbon ; et cinquièmement enfin, parce que les gaz en soustraient une portion

qu'on ne peut leur ôter, et cette portion est considérable.

L'extraction du phosphore avec le phosphate acide de chaux n'est pas, de son côté, plus avantageuse ; car les mêmes inconvéniens l'acompagnent avec plus ou moins d'intensité; et si, en outre, les gaz éprouvent, à leur sortie seulement, une résistance de quelques pouces d'eau, comme cela doit arriver avec le récipient imaginé par Pelletier, la superficie des retortes de terre devient alors comme un crible, au travers duquel se tamise une grande quantité de phosphore; et on le voit bien par l'auréole verdâtre qui se remarque sur la voûte. On peut juger, d'après cela, combien il serait important de découvrir un désoxidant plus approprié à cette opération que le charbon ; de voir, par exemple, si la plombagine ou quelque anthracite assez combustible, un charbon, enfin, assez dépouillé de ses gaz, n'y serait pas plus convenable.

On avait beacoup compté sur le phosphate de plomb ; mais un seul essai m'apprit combien il en fallait rabattre; car, en effet, si le plomb cesse d'être phosphate, il devient phosphure, et retient par conséquent la plus grande partie du phosphore.

Je ne sais si c'est Westrumb ou Trommsdorff, qui avait déjà reconnu cet inconvénient; mon frère imagina d'y employer une retorte de fer fondu ; mais ce métal, devenu phosphure par son union avec le phosphore, coula de très-bonne heure, et rendit par conséquent son travail inutile.

Une once ou 576 grains de phosphate d'ammoniaque, traitée avec 3 gros de charbon de pin, rendit 38 à

40 grains de phosphore, et de 15 à 16 de phosphure de charbon : total 55 grains. D'après l'évaluation ci-dessus, on pouvait s'en promettre à-peu-près trois fois plus; mais les gaz en avaient emporté beaucoup, et en outre, beaucoup d'acide phosphoreux se trouve mêlé à l'eau du récipient.

Une once de phosphate acidule de potasse, traitée avec 2 gros de charbon de pin, ne donna pas un atome de phosphore coulant; des fleurs jaunes tapissaient néanmoins le col de la cornue, et il se dégagea beaucoup d'hydrogène phosphoré : le résidu séparé du charbon était du sous-phosphate doux et incristallisable.

SUR *la Phosphorescence des minéraux.*

PAR DAVID BREWSTER.

Traduit du *Journal philosophique d'Edimbourg*, I. 383.

BENVENUTO CELLINI paraît être le premier qui ait fait mention de la phosphorescence des minéraux. Dans son *Traité sur la bijouterie* (1), publié au commencement du seizième siècle, il dit avoir vu une escarboucle briller dans l'obscurité; il ajoute qu'une pierre colorée de la même espèce fut trouvée dans un vignoble, aux environs de Rome, sa présence ayant été trahie par la lumière

---

(1) *Due trattati dell' Orificeria.*

qu'elle répandait durant la nuit. En l'an 1663, Boyle observa qu'un diamant émettait une quantité de lumière presque égale à celle qui émane d'un ver luisant, après avoir été soumis à l'influence de la chaleur du frottement ou à une simple pression. Mais il paraît que ce minéral est le seul dans lequel il ait remarqué cette propriété.

Quoique le développement de la lumière dans le bois pourri, dans les substances animales et dans les phosphores artificiels, ait été étudié avec beaucoup d'attention dans les 17ᵉ et 18ᵉ siècles, il paraît néanmoins qu'on s'est peu occupé de la phosphorescence des minéraux exposés à l'action de la chaleur. On avait remarqué accidentellement que le spath-fluor et une ou deux autres substances, étant placés sur un fer chaud, devenaient lumineux; mais ce phénomène n'avait jamais été examiné avec soin, lorsque, en 1792, M. Thomas Wedgwood présenta à la Société royale ses « Expériences et observations sur la lumière que produisent certains corps, lorsqu'ils ont subi l'action de la chaleur ou du frottement (1). » La méthode qu'il employait généralement consistait à réduire le corps en une poudre assez grossière qu'il répandait par petites portions sur une épaisse plaque de fer ou sur une masse de terre calcinée, formée de sable et d'argile, qu'il chauffait jusqu'au degré qui précède immédiatement le rouge visible, et qu'il portait ensuite dans un endroit parfaitement obscur.

(1) *Philos. Trans.* 1792. Vol. LXXXII, p. 28-270.

De cette manière, il trouva que les minéraux suivans devenaient lumineux par la chaleur :

Diverses espèces de spath-fluor ;
Diverses espèces de marbre ;
Feld-spath rouge de Saxe ;
Diamant ;
Rubis d'Orient ;
Spath d'Islande ;
Stéatite de Cornouailles ;
Flint noir ;
Cristal de roche des Indes-Or.
Asbeste blanc ;
Mica ferrugineux rouge ;
Albâtre.

M. l'abbé Haüy (1), qui a tiré un si heureux parti des propriétés physiques des minéraux, s'est servi de la phosphorescence comme d'un caractère distinctif. Ainsi que M. Wedgwood, il mettait cette propriété en évidence au moyen d'un fer chaud sur lequel il jetait le minéral après l'avoir réduit en poudre. Il ne l'a reconnue, par ce procédé, que dans les substances dont les noms suivent :

Spath-fluor ;
Spath d'Islande ;
Arragonite ;
Phosphate de chaux ;
Grammatite ;
Carbonate de baryte ;
Carbonate de strontiane ;
Harmotome ;
Dipyre ;
Wernerite.

Ayant eu l'occasion d'examiner la nature de la lumière émise par les corps phosphorescens, je fus conduit par-là à m'occuper d'un sujet que je considérais comme épuisé par les observations de M. Haüy ; mais lorsque j'eus aperçu des indices de phosphorescence dans des substances étrangères à sa liste, je résolus de répéter ses expériences, et d'examiner successivement tous les minéraux qui étaient à ma disposition.

---

(1) *Traité de Minéralogie*. Paris, 1801 ; vol. I, p. 235-273.

Dans ces expériences, je ne réduisais jamais le corps en poudre, mais j'en prenais un fragment que je jetais sur une masse épaisse de fer chaud, après l'avoir portée dans une chambre obscure. Quand la manifestation de la phosphorescence ne résultait pas immédiatement de l'emploi de cette méthode, je prenais un canon de pistolet, et après en avoir bouché la lumière, j'introduisais le minéral dans la culasse, que je plaçais ensuite sur le feu. Avant la production de la chaleur rouge, j'apercevais aisément la phosphorescence en regardant dans le canon; ce que je faisais quelquefois au travers d'une plaque de verre qui servait à garantir mon œil de l'air chaud, quelquefois au travers d'un petit télescope ajusté de manière à rendre distincte la vision des objets situés au fond du canon. D'autres fois, je n'introduisais le minéral dans le canon qu'après l'avoir tiré du feu, et lorsque la chaleur rouge était entièrement passée.

De cette manière, j'ai obtenu les résultats suivans :

Table des minéraux phosphorescens.

Noms des minéraux.	Couleur ou aspect des minéraux.	Couleur, intensité, aspect de leur lumière.
Spath-fluor.........	rose.........	verte.
———————	pourpre.....	bleuâtre.
———————	blanc-bleuâtre	bleue.
Fluor compacte.....	jaunâtre.....	d'un beau vert.
Fluor arénacé.......	blanc.......	étincel. blanch.
Spath calcaire.......	jaune.......	jaune.
———————	transparent...	jaunâtre.
Pierre-à-chaux du Nord	....	....
——— de l'Irlande.	....	rouge-jaunâtre.

Noms des minéraux.	Couleur ou aspect des minéraux.	Couleur, intensité, aspect de leur lumière.
Phosphate de chaux..	rose........	jaune.
10 Arragonite.........	blanc sale....	jaune-rougeâtre
Carbonate de baryte..	blanchâtre...	blanc pâle.
Harmotome........	incolore.....	jaune-rougeât.
Dipyre............	blanche.....	des points lumineux.
Grammatite de Glentilt	....	jaune.
15 —— de Cornouailles..	....	bleuâtre.
Topaze d'Aberdeenshire	bleue.......	bleuâtre.
——— du Brésil....	jaune.......	jaunâtre, lumière faible.
—— de la N^{lle}-Hollande.	blanche.....	bleuâtre.
Rubellite...........	rougeâtre....	écarlate.
20 Sulfate de chaux.....	jaunâtre.....	lumière faible.
——— de baryte....	jaune.......	lumière pâle.
———————————	ardoise......	lumière pâle.
Sulfate de strontiane.	bleuâtre.....	un fragment a brillé d'un éclat assez vif.
——— de plomb....	transparent...	lumière faible et intermittente.
25 Anhydrite..........	rougeâtre....	lumière faible.
Sodalite............	d'un vert obscur.	assez brillante.
Spath magnésien.....	jaunâtre.....	blanche, faible.
Mine d'argent rouge.	rouge.......	assez brillante, mais fugitive.
Barystrontianite.....	blanche.....	faible.
30 Arséniate de plomb..	jaunâtre.....	d'un blanc éclatant.
Sphène............	jaune.......	d'un blanc éclatant.
Trémolite..........	blanchâtre...	jaune-rougeâtre
Mica..............	verdâtre.....	blanchâtre.
——— de Waygatz..	noire.......	des taches blanc.
35 ———————————	brune.......	lumière assez vive.
Sable de titane......	noire.......	de faibles taches.
Pierre de corne.....	grise........	jaunâtre.

	Noms des minéraux.	Couleur ou aspect des minéraux.	Couleur, intensité, aspect de leur lumière.
	Spath tabulaire de Dognatska............	blanchâtre...	jaunâtre.
	Lapis lazuli.........	bleue.......	lumière faible.
40	Spodumène.........	verdâtre.....	lumière faible.
	Titanite............	rougeâtre....	extrêmement faible.
	Cyanite............	blanc-jaunâtre.	bleuâtre.
	Calamine...........	brune.......	lumière faible.
	Augite.............	verte.......	assez brillante.
45	Pétalite............	teinte rougeâtre.	bleue, très-vive.
	Asbeste rigide.......	....	assez vive.
	Datholite...........	transparente..	brillante.
	Corindon...........	brune.......	brillante.
	Anatase (1).........	obscure.....	jaune-rougeâtre.
50	Tungstate de chaux..	blanc-jaunâtre.	comme un charbon ardent.
	Quartz.............	....	très-faible.
	Améthyste..........	....	faible.
	Obsidienne.........	....	assez vive, d'un bleu sale.
	Mésotype d'Auvergne.	(la phosphorescence de ces neuf minéraux fut observée dans le canon de pistolet).	très-faible.
55	Actinote vitreux.....		de pet. taches.
	Argent rouge.......		plutôt vive que faible.
	Muriate d'argent....		bleue.
	Carbonate de cuivre..	....	très-faible.
	Télésie verte........	....	bleu pâle, assez vive.

(1) La phosphorescence de l'*anatase* est entièrement différente de celle des autres minéraux; elle apparaît subitement comme une flamme, et s'évanouit en peu d'instans.

M. Wedgwood ayant affirmé que les minéraux phosphorescens ne perdent jamais leur propriété, quelque élevé que soit le degré de chaleur auquel on les soumette, et alors même que ces épreuves sont fréquemment répétées, je résolus de vérifier l'exactitude de cette assertion sur un échantillon de spath-fluor vert qui jouissait à un haut degré du pouvoir phosphorescent. Pour l'empêcher de se disperser en fragmens, comme cela arrive toujours lorsqu'on expose ce minéral à une température élevée, je l'enveloppai étroitement dans une feuille de platine, après quoi je l'exposai, pendant une heure environ, à la chaleur d'un feu ordinaire. Quand je le retirai du creuset, il avait complètement perdu sa couleur verte; il était d'ailleurs parfaitement exempt de fissures, et la chaleur ne l'avait endommagé en aucune manière. Cependant sa phosphorescence avait *entièrement disparu*. J'eus beau exposer durant plusieurs jours ce minéral aux rayons du soleil d'été, et même d'assez près à la vive lumière du foyer d'un miroir ardent, je ne pus en tirer le plus léger indice de phosphorescence. Placé sur un fer chaud, il ne volait plus en éclats (ce qui ne manque jamais d'arriver avant l'extinction de la phosphorescence), mais demeurait tranquillement en place.

Quoique le pouvoir absorbant d'un corps ne soit pas nécessairement lié au pouvoir émissif que le même corps acquiert par la chaleur, néanmoins je ne doute pas qu'un grand nombre de minéraux ne jouissent aussi de la première de ces deux propriétés. Je l'ai observée mainte et mainte fois dans le diamant et dans la blende, ainsi que d'autres l'avaient fait avant moi. Dufay nous apprend que quelques

émeraudes absorbent la lumière; Brugnatelli attribue la même propriété au lapis lazuli, et Beccaria soutient que presque toutes les substances la possèdent.

En analysant, au moyen d'un prisme à double réfraction, la lumière émise par les corps échauffés, je remarquai une illusion d'une singulière espèce. L'une des deux images du fragment lumineux que j'observais, disparaissait accidentellement durant la révolution du prisme, et cela sans aucune loi régulière. Je fus, en conséquence, conduit à penser que le spath-fluor émettait par intervalles de la lumière polarisée dans différens plans. Un aussi singulier résultat exigeait toute espèce de vérification; mais je ne tardai pas à reconnaître qu'il ne restait plus d'indice d'une telle propriété, quand la lumière était analysée soit par réflexion, soit au moyen d'un spath calcaire, dans lequel un des pinceaux est éteint (1). La disparition de l'une des deux images provenait donc de ce que cette image étant vue indirectement (ce qui a nécessairement lieu pour l'une des deux), la rétine perdait accidentellement la faculté de l'apercevoir.

Parmi les résultats principaux de ces expériences, je citerai les suivans :

1°. La propriété d'émettre la lumière phosphorique à une certaine température est commune à un grand nombre de substances minérales;

2°. Les minéraux qui jouissent de cette propriété sont en général colorés ou imparfaitement transparens;

---

(1) *Voyez* les *Transactions philosophiques*, 1819, p. 148.

3°. La couleur de la lumière phosphorique n'a pas de rapport fixe avec la couleur du minéral ;

4°. Cette propriété peut être complètement détruite par l'application d'une chaleur intense ;

5°. En général, la lumière n'est pas réabsorbée par les corps phosphorescens exposés à son action ;

6°. L'existence de la lumière phosphorique, que la chaleur développe, n'a aucune connexion avec celle de la lumière obtenue par voie de frottement, puisque des corps, dépouillés de la faculté d'émettre la première, conservent toujours la puissance productive de la seconde ;

7°. Cette lumière phosphorique a les mêmes propriétés que la lumière directe du soleil ou de tout autre corps lumineux ;

8°. Entre les différentes espèces de substances contenues dans la Table précédente, il en est un grand nombre parmi lesquelles on rencontre des échantillons qui ne sont pas phosphorescens par la chaleur ; dès-lors la phosphorescence ne peut plus être considérée comme un caractère essentiel des minéraux qui en sont doués.

Dans le second volume du même Journal, M. Brewster a donné une addition au Mémoire dont on vient de lire la traduction ; en voici la substance :

« En suivant les expériences rapportées dans mon » précédent Mémoire, j'ai observé sur un échantillon » particulier de spath-fluor, un phénomène très-remar- » quable. Quand on détachait de cet échantillon une » lame assez mince pour être transparente, elle res- » semblait à une feuille traversée par des veines pa-

» rallèles à la ligne centrale qui la partageait en deux.
» La ligne centrale et plusieurs de ces veines étaient
» sans couleur ; tandis que d'autres présentaient une
» teinte d'améthyste plus ou moins foncée. En plaçant
» cette lame sur un fer chaud, je fus surpris de trouver
» que *la matière phosphorescente était disposée par*
» *veines ou par couches parallèles à celles de l'échan-*
» *tillon;* chaque couche émettait une lumière propre,
» différente par la couleur et par l'intensité de la couche
» voisine. Quelques veines donnaient une lumière
» pourpre ; d'autres émettaient des rayons jaunes-ver-
» dâtres ; ailleurs, on apercevait une lueur blanche;
» dans plusieurs parties, la phosphorescence était abso-
» lument nulle. La circonstance qui, toutefois, m'a
» semblé la plus singulière, c'est que les différentes cou-
» ches de lumière phosphorique étaient nettement tran-
» chées sur leurs bords, distinctes les unes des autres,
» plus déliées, et conséquemment beaucoup plus nom-
» breuses que les couches qu'on apercevait en examinant
» l'échantillon au microscope.

» L'émission de la lumière phosphorescente faisait donc
» apercevoir dans le cristal un arrangement de couches,
» qui n'aurait été découvert ni par l'opticien ni par le
» minéralogiste. »

(*Note du Rédacteur.*) Je laisse au lecteur à juger s'il n'est pas au moins extraordinaire, qu'après avoir remonté jusqu'à Benvenuto Cellini, pour tracer l'histoire des recherches que les physiciens ont faites sur la phosphorescence des minéraux, M. Brewster ne se soit pas ressouvenu d'une note de Pallas, qui a été insérée, en 1783, dans le

tome Ier des *Mémoires de Pétersbourg*. Je vais réparer cet *oubli*.

M. Pallas nous apprend que *le spath-fluor de Catherinembourg* devient lumineux à la simple chaleur de la main, lorsqu'on l'y tient renfermé une demi-minute seulement. La lueur que le cristal répand alors est blanchâtre et pâle ; à la chaleur de l'eau bouillante, cette lueur verdit ; par une température plus élevée, la lumière phosphorescente passe d'un vert céladon au plus beau bleu de turquoise ; phénomènes que les fluors communs n'offrent pas.

La couleur générale du filon est un violet pâle ; on voit par-ci par-là des parties plus foncées ; ailleurs, on remarque des couches d'une transparence blanchâtre tirant par fois sur le vert. Ce sont les veines verdâtres qui jouissent au plus haut degré de la vertu phosphorique, et qui passent par la chaleur au bleu le plus vif. Dans les fluors qu'on trouve à la montagne d'Ouboûkoûn, près du Selenga, et dans ceux du Breintenbrunn en Saxe, qui sont veinés de vert sur un fond violet, *les veines vertes deviennent lumineuses par une chaleur médiocre, tandis que le reste n'émet aucune lueur sensible*, et quelquefois n'est point phosphorique du tout.

En examinant, sous le rapport de la polarisation, la lumière émise par les minéraux phosphorescens, on peut arriver à déterminer dans quelle proportion leurs parties intérieures concourent à la production de cette lumière. Il suffit, pour cela, la surface supérieure du minéral étant plane et polie et la ligne visuelle formant avec elle un

très-petit angle, d'analyser, par les moyens connus, les rayons qui forment la lueur phosphorique, et de rechercher dans quelle proportion les rayons, polarisés par réfraction, existent dans la lumière totale. Il est clair qu'en admettant que la lumière émise par la surface fût nulle, cette proportion serait à-peu-près la même que si un faisceau de rayons solaires se polarisait en passant du cristal dans l'air avec une inclinaison égale à celle du rayon visuel. Si l'on étudie sous le même point de vue la lumière qui forme la couleur propre des corps, on arrive à des résultats curieux sur lesquels nous aurons l'occasion de revenir prochainement.

NOTE *sur la Combinaison du soufre avec le chrôme, et sur un nouveau Procédé pour obtenir l'oxide de ce métal.*

PAR J.-L. LASSAIGNE.

EN faisant dernièrement quelques expériences sur l'oxide de chrôme, j'avais essayé, sans succès, de le décomposer par le soufre, pour tâcher d'obtenir la combinaison du métal avec ce corps combustible, soit en fondant le mélange des deux corps dans un creuset, soit en faisant passer de la vapeur de soufre sur l'oxide de chrôme chauffé au rouge blanc dans un tube de porcelaine. Je désespérai d'y pouvoir parvenir, lorsqu'en réfléchissant sur la propriété que possèdent la plupart des chlorures métalliques, d'être décomposés par le soufre

et convertis en sulfures, il me vint à l'idée de soumettre le muriate de chrôme desséché (que je considère comme un chlorure) à l'action du soufre.

Après avoir préparé du chlorure de chrôme pur, en faisant bouillir ensemble de l'acide chrômique et de l'acide hydro-chlorique en excès, je l'ai évaporé à siccité dans une capsule de porcelaine ; en cet état, il était d'une couleur rose-hortensia, sous forme d'une masse boursoufflée très-légère ; réduit en poudre et mêlé avec cinq fois son poids de fleurs de soufre, il a été introduit dans un tube de verre recourbé, et chauffé graduellement jusqu'au rouge blanc.

Il s'est dégagé, au commencement de cette opération, un peu de gaz hydro-sulfurique, ensuite du gaz hydro-chlorique ; puis l'excès de soufre s'est sublimé avec une petite quantité de chlorure de chrôme rose ; enfin, des vapeurs blanches très-épaisses d'une odeur piquante désagréable, que j'ai reconnues pour du chlorure de soufre, se sont manifestées pendant le reste de la calcination.

La partie inférieure du tube renfermait une matière gris-noirâtre, très-légère, se réduisant facilement en poudre par le plus petit choc, et que plusieurs épreuves me convainquirent pour être un véritable sulfure de chrôme.

Propriétés de ce Sulfure.

1°. Il est gris-noirâtre, onctueux au toucher ; il laisse sur les corps contre lesquels on le frotte des traces noires, brillantes comme la plombagine ;

2°. Chauffé au rouge-cerise dans un petit creuset de platine, il brûle comme du pyrophore, en répandant une

odeur très-vive d'acide sulfureux, et donnant naissance à un oxide de chrôme d'un vert foncé ;

3°. L'acide nitrique n'exerce pas sensiblement d'action sur ce sulfure, même à l'aide de la chaleur ; mais l'eau régale le convertit en acide sulfurique et en chlorure de chrôme vert.

Desirant connaître la proportion dans laquelle ces deux corps étaient combinés, je les ai transformés en acides sulfurique et chrômique au moyen du nitrate de potasse, et j'en ai déduit la quantité de soufre de celle du sulfate de baryte, obtenue en précipitant la dissolution du résidu de cette calcination par le nitrate acide de baryte.

D'après le résultat de la moyenne de deux expériences, j'ai conclu que le sulfure de chrôme que j'ai préparé, est formé ainsi qu'il suit :

Chrôme,	100,00 ;
Soufre,	10,54.

Par suite de ces expériences, j'ai trouvé un procédé plus prompt et économique pour préparer l'oxide de chrôme d'une belle couleur verte, et qu'on obtient toujours au même degré d'intensité.

Il consiste à calciner au rouge, dans un creuset de terre fermé, un mélange de chrômate de potasse et de soufre à parties égales, et à lessiver la masse verdâtre qui en résulte, pour dissoudre le sulfate et le sulfure de potasse qui se sont formés par cette opération ; l'oxide de chrôme se précipite, et on l'obtient pur après plusieurs lavages.

Il n'est pas nécessaire d'avoir le chrômate de potasse cristallisé pour en retirer l'oxide de chrôme par ce moyen. Je l'ai obtenu également d'une aussi belle couleur, en calcinant avec le soufre le produit de l'évaporation de la dissolution du chrômate de fer traité par le nitre, que j'avais saturé auparavant par l'acide sulfurique faible pour en précipiter l'alumine et la silice qui accompagnent très-souvent cette mine.

Sur *la Fusion de divers corps réfractaires avec le chalumeau de* Hare.

Le chalumeau de Hare a été décrit dans les *Annales de Chimie*, XLV, 113. Il est alimenté par deux courans, l'un d'hydrogène et l'autre d'oxigène, qui ne se mêlent qu'au moment de leur combustion, et n'offrent par conséquent aucune espèce de danger. Ce chalumeau est en cela très-préférable à celui de Newman, ou plutôt de Brook qui paraît être le premier inventeur, et il ne lui est point inférieur, ou que de très-peu, pour l'intensité de la chaleur. On peut d'ailleurs l'alimenter avec du gaz hydrogène et du gaz oxigène comprimés, chacun dans un réservoir particulier; mais, à en juger par les effets obtenus avec cet instrument et celui de Brook, il n'y aurait que peu d'avantage à recourir à ce moyen.

La manière la plus simple de construire le chalumeau de Hare dans un laboratoire, serait de prendre deux cloches à robinet, cylindriques, dont les sections horizontales seraient doubles en surface l'une de l'autre, et

de les fixer dans une cuve pneumatochimique : la plus grande serait destinée à l'hydrogène, et la plus petite à l'oxigène. De chacune des cloches partirait un tuyau allant aboutir à un cône de platine un peu massif, percé de deux petits trous très-près l'un de l'autre, et correspondans aux deux tuyaux. La cuve étant supposée remplie d'eau, et les cloches y étant immergées, les gaz s'en échapperaient en ouvrant les robinets, toujours dans le rapport exact pour former de l'eau, qui est le plus convenable pour obtenir le *maximum* de température.

Lavoisier, comme on sait, était parvenu, en dirigeant un courant de gaz oxigène sur du charbon, à fondre et à volatiliser quelques substances qu'on avait crues jusqu'alors infusibles et fixes. (*Mém. de l'Acad.*, 1782 et 1783.) Il avait fondu l'alumine et plusieurs de ses mélanges; mais il n'avait pu réussir à fondre la silice, la baryte, la chaux et la magnésie.

M. Hare, avec son chalumeau, fondit parfaitement l'alumine, la silice et la baryte, mais très-difficilement la chaux et la magnésie; il mit en ébullition l'argent et l'or, et parvint à volatiliser complètement en quelques instans des globules de platine de plus d'une ligne de diamètre. (*Ann. de Chim.*, XLV, 134, et LX, 82.)

Plusieurs années après, M. Silliman, professeur de chimie et de minéralogie, qui avait coopéré aux premières expériences de M. Hare, en fit de nouvelles, qui furent imprimées en 1813, dans le Ier vol. des *Mémoires de l'Académie des Sciences et Arts du Connecticut*, et dont nous allons rapporter les principaux résultats :

L'alumine fut parfaitement fondue en un émail blanc laiteux;

La silice en un verre incolore ;

La baryte et la strontiane en un émail blanc-grisâtre ;

La glucine et la zircone se fondirent parfaitement en un émail blanc.

De la chaux, préparée par la calcination du marbre de Carrare, fut fondue en un émail parfaitement blanc et brillant. La splendeur de la lumière était telle que l'œil nu, et même armé d'un verre fortement coloré, ne pouvait la supporter. On voyait la chaux s'arrondir sur ses angles et s'affaisser graduellement ; et en quelques secondes, il ne restait plus qu'une petite masse globuleuse.

La magnésie se comporta à-peu-près comme la chaux ; la lumière réfléchie fut également vive ; sa surface fut fondue en petits globules vitreux.

Le platine fut non-seulement fondu, mais volatilisé avec une forte ébullition.

Un grand nombre de minéraux, tels que le cristal de roche, la calcédoine, le béril, l'émeraude du Pérou, le péridot, l'amphigène, le disthène, le corindon, le zircon, le rubis spinelle, etc., se fondirent avec une très-grande facilité.

Dans des expériences ultérieures, dont M. Silliman nous a fait part, le platine, l'or et l'argent et plusieurs autres métaux, furent non-seulement réduits en vapeur avec rapidité, mais ils présentèrent en même temps l'aspect d'une belle et vive combustion.

Quoique les expériences de M. Silliman datent de 1812, nous avons pensé qu'elles méritaient d'être connues sur notre continent. Elles montrent, d'une part, que M. Clarke a été devancé en Amérique sur la fusion

des corps dans la flamme de l'hydrogène et de l'oxigène, et de l'autre, que le chalumeau de Hare donne à fort peu près les mêmes résultats que celui de Brook.

Réflexions *sur le Mémoire de M.* Mitscherlich *concernant l'identité de la forme cristalline dans plusieurs substances différentes* (1).

La méthode minéralogique est fondée sur le principe, que chacune des espèces qu'elle embrasse est distinguée de toutes les autres par une forme de molécule intégrante qui lui appartient exclusivement. Cette forme est déterminée d'après le résultat de la division mécanique, combiné avec le rapport de dimensions qui dérive des lois de structure auxquelles sont soumises les formes secondaires. Il faut en excepter celles qui, telles que le cube, le tétraèdre régulier, le tétraèdre à triangles isocèles qui sous-divise le dodécaèdre rhomboïdal, sont comme les limites de toutes les autres. M. Haüy a conçu de ces formes une idée à la fois plus précise et plus générale que celle qu'il avait d'abord adoptée, et qui laissait subsister des causes d'incertitude que la première fait disparaître.

M. Mitscherlich ne paraît pas connaître la distinction admise par M. Haüy entre les formes qu'il appelle *limites*, et celles qui n'en ont pas le caractère. M. Haüy

(1) Ces réflexions ont été recueillies, dans une conversation avec M. Haüy, par un de ses élèves.

sait bien que le spinelle, le fer oxidulé et l'alumine sulfatée que M. Mitscherlich cite en faveur de son opinion, et dont la forme est une limite, joignent à cette identité de forme une composition différente, et il explique même comment cela peut avoir lieu dans les cas particuliers de ce genre.

Le principe énoncé plus haut s'applique à tous les corps naturels, composés soit de plusieurs des substances appelées *terres*, soit d'un acide uni à une base terreuse ou à un combustible. Tous les phosphates, tous les carbonates, tous les sulfates, tous les arséniates, etc., que l'on trouve dans la nature, ont chacun une forme de molécule qui leur est particulière, à moins que cette forme ne soit une limite, ce qui est très-rare. Il ne pourrait y avoir de difficulté que pour les carbonates de fer, de manganèse et de magnésie. M. Haüy a fait un grand nombre d'observations d'après lesquelles il explique la formation et la manière d'être de ces substances, sans contrarier ni les principes de la chimie, ni ceux de la cristallographie.

Il eût été à desirer que M. Mitscherlich eût pu multiplier les exemples tirés des corps naturels, et les faire servir de termes de comparaison à ses résultats. Il n'en a cité qu'un petit nombre qui ne lui sont pas à beaucoup près aussi favorables qu'il le pense.

Ainsi, il dit, page 177, que la forme du sulfate de manganèse est parfaitement semblable à celle du sulfate de cuivre; que leur forme primitive est la plus rare entre les formes des sels artificiels; et qu'entre les minéraux, c'est seulement l'axinite qui la partage. Nous ne connaissons pas de sulfate de manganèse produit par la nature;

mais la forme de l'axinite diffère totalement de celle du cuivre sulfaté, qui est bien connue, et le résultat de la division mécanique achève de faire ressortir le contraste.

Il dit encore, page 174, que les formes cristallines des sels de baryte, de strontiane et de plomb se ressemblent; que les sulfates de baryte et de plomb ont exactement la même forme; mais que celle du sulfate de strontiane de Sicile ne s'est rencontrée que rarement parmi les variétés du sulfate de baryte, et jamais parmi celles du sulfate de plomb. La cristallographie démontre que la forme primitive du sulfate de plomb naturel est un octaèdre rectangulaire qui n'a rien de commun avec celle du sulfate de baryte qui est un prisme droit rhomboïdal : à la vérité, celle du sulfate de strontiane est bien du même genre que cette dernière; mais elle en diffère essentiellement par les inclinaisons de ses pans, dont la plus grande surpasse d'environ $3^{d.}$ celle qui lui correspond sur le prisme du sulfate de baryte. Elle en est également distinguée par le rapport entre la hauteur et le côté de la base.

Non-seulement M. Mitscherlich n'est pas exact lorsqu'il parle des produits naturels qu'il a observés, mais il en est que sans doute il ne connaît pas, et qui sont très-différens de ce qu'ils sembleraient devoir être, à en juger d'après ses assertions. Ainsi, il établit en principe, que les combinaisons de l'acide phosphorique et de l'acide arsénique, lorsque ces acides sont unis avec les mêmes bases, au même degré de saturation, ont la même forme cristalline. Si, ayant fait cristalliser de l'arséniate de fer et du phosphate de fer, il leur avait observé la même forme, on pourrait au moins lui dire que son arséniate

et son phosphate ne sont pas ceux de la minéralogie ; que le premier a pour forme primitive un cube qui est du nombre des limites, et le second un prisme rectangulaire dont une des faces latérales qui répond à la plus petite dimension a un éclat nacré, et dont la base, qui est oblique, naît sur deux arêtes longitudinales. Ces deux formes non-seulement diffèrent beaucoup l'une de l'autre, mais sont incompatibles dans un même système de cristallisation.

Il faut convenir que les principes de la cristallographie ne seraient nullement applicables à une méthode chimique, fondée sur les composés indiqués par M. Mitscherlich comme résultats de ses opérations. Mais on aurait d'autant plus lieu d'en être surpris, que ces principes remplisssent leur véritable but, qui est de s'appliquer à la nature, et de la représenter fidèlement. Toutes les substances récemment découvertes ou déterminées, telles que l'anthophyllite, la craïtonite, la condrodite, la gehlénite, le wollastonite (tafelspath), le pétalite, le cuivre hydraté, le fer phosphaté, l'édenbergite, etc., ont offert autant de molécules d'une forme particulière, et dont même aucune n'est du nombre des limites ; et la succession rapide de ces nouvelles applications de la méthode cristallographique donne lieu de croire qu'elle continuera de se généraliser, à mesure que les découvertes se multiplieront.

LETTRE *de M.* Abel Rémusat, *membre de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, à M.* Louis Cordier, *sur l'existence de deux volcans brûlans dans la Tartarie-Centrale.*

Vous m'avez témoigné, Monsieur, le desir de savoir précisément où les Kalmouks recueillent le sel ammoniac qu'ils portent dans différentes contrées de l'Asie, et dont ces peuples faisaient autrefois un commerce considérable. J'ai trouvé la réponse à cette question dans l'édition japonaise de l'Encyclopédie chinoise, qui est à la Bibliothèque du Roi. Cet excellent ouvrage contient un grand nombre de détails sur les productions, les arts et la géographie de la plus grande partie de l'Asie-Orientale, et on pourrait souvent le consulter avec fruit, dans diverses questions qui intéressent les sciences, et, en particulier, l'histoire naturelle. Voici ce qu'on y trouve relativement à l'objet qui a mérité votre attention.

« Le sel, nommé (en chinois) *nao-cha*, et aussi *sel de Tartarie*, *sel volatil*, se tire de deux montagnes de la Tartarie-Centrale. L'une est le volcan de Tourfan (1), qui a donné à cette ville (ou, pour mieux dire, à une ville qui est située à trois lieues de Tourfan, du côté de l'Est), le nom de Ho-Tcheou, ville de feu. L'autre est la Montagne-Blanche, dans le pays de Bisch-Balikh (2).

---

(1) Lat. 43° 30'; long. 87° 11', suivant le P. Gaubil.

(2) Ville située sur le fleuve Ili, au S.-O. du lac de Balgasch, qne les Chinois nomment aussi la *mer Chaude*. Lat. du lac de Balgasch, suivant le P. Gaubil, 46° 0'; long. 76° 11'.

Ces deux montagnes jettent continuellemeut des flammes et de la fumée. Il y a des cavités dans lesquelles se ramasse un liquide verdâtre. Exposé à l'air, ce liquide se change en sel, qui est le nao-cha. Les gens du pays le recueillent pour s'en servir dans la préparation des cuirs. »

« Quant à la montagne de Tourfan, on en voit continuellement sortir une colonne de fumée ; cette fumée est remplacée le soir par une flamme semblable à celle d'un flambeau. Les oiseaux et les autres animaux qui en sont éclairés paraissent de couleur rouge. On appelle cette montagne le *Mont-de-Feu*. Pour aller chercher le nao-cha, on met des sabots ; car des semelles de cuir seraient trop vite brûlées.

» Les gens du pays recueillent aussi les eaux-mères, qu'ils font bouillir dans des chaudières, et ils en retirent le sel ammoniac sous la forme de pains semblables à ceux de sel commun. Le nao-cha le plus blanc est réputé le meilleur. La nature de ce sel est très-pénétrante. On le tient suspendu dans un poêle au-desus du feu, pour le rendre bien sec, et on y ajoute du gingembre pour le conserver. Exposé au froid ou à l'humidité, il tombe en déliquescence et se perd. »

Voilà, Monsieur, ce que j'ai trouvé de plus intéressant sur ce sujet, dans un livre qui n'est, à la vérité, ni un Traité de Géographie, ni un ouvrage d'Histoire naturelle, mais qui contient seulement une suite d'extraits, nécessairement un peu superficiels, sur toutes sortes de matières.

C'est un fait curieux, et je crois, assez peu connu, que celui de deux volcans actuellement en ignition dans

les régions centrales de l'Asie, à 400 lieues de la mer Caspienne, qui est la mer la plus voisine. Vous jugerez mieux que moi, Monsieur, si des détails plus circonstanciés pourraient avoir quelque utilité pour la Géologie. Il y a encore quelques autres lieux où les Chinois placent des volcans, dont les Européens n'ont pas une connaissance précise. Bien des contrées que ceux-ci n'ont pu visiter encore, ont été soigneusement décrites par ceux-là. En attendant que le génie des sciences y conduise des Pallas et des Humboldt, on ne saurait mieux faire que de tirer des livres des Chinois ce que ces livres contiennent de relatif aux Sciences naturelles. Peut-être la moisson serait-elle plus abondante qu'on n'est, en général, porté à le supposer.

Agréez, etc.

Observations sur la lettre précédente de M. Abel Rémusat; *par M.* Louis Cordier.

L'existence de deux volcans brûlans, au milieu de cet immense plateau qui est circonscrit par les monts Ourals, les monts Altaïs, les frontières de la Chine et la puissante chaîne de l'Himalâ, me paraît un fait digne de toute l'attention des géologues. Si je ne me trompe, tous les motifs se réunissent pour faire regarder ce fait comme parfaitement avéré. Effectivement, la profonde érudition de M. Abel Résumat dans les langues de la Haute-Asie, et les connaissances fort étendues qu'il possède en chimie et en minéralogie, ne laissent aucun doute sur l'exactitude avec laquelle il a dû rendre le passage dont il a bien voulu m'adresser la traduction. D'un autre côté, on n'au-

rait vraiment aucune bonne raison de contester la véracité des encyclopédistes chinois. Il semble, enfin, qu'on ne pourra refuser une entière conviction à ce témoignage, si on se donne la peine d'en étudier et d'en peser les détails, et de les comparer aux notions du même genre que nous possédons depuis long-temps. Je vais, pour faciliter cette comparaison, exposer en peu de mots quelques-uns des principaux termes d'analogie.

Je rappelerai d'abord que le sel ammoniac (hydrochlorate d'ammoniaque), dont il se fait une si grande consommation en Europe, est presque toujours une production de l'art. Une partie vient d'Egypte où on l'extrait de la suie qui tapisse les huttes en terre des habitans des campagnes; l'autre est fournie par des ateliers chimiques établis depuis plusieurs années en France, en Belgique et en Angleterre, et dans lesquels on fabrique le sel de toutes pièces.

Les mines de houille embrasées ne produisent jamais de sel ammoniac, et il est évident qu'elles n'en pourraient produire.

Ce sel n'existe à l'état natif dans aucun terrain, si ce n'est dans les volcans brûlans.

On l'a plus particulièrement observé au Vésuve et à l'Etna, où, par son abondance, il est devenu à diverses époques un objet d'exploitation et de commerce. Il joue un très-grand rôle dans les vapeurs qui s'exhalent des cratères et des courans de lave de ces deux volcans. Facile à volatiliser, il se dissipe promptement dans l'air; ou, s'il se condense à la surface des scories et dans leurs fissures, la moindre pluie suffit pour l'entraîner; car on sait qu'il est extrêmement soluble. On ne peut recueillir ses efflo-

rescences, ou même constater sa présence, que lorsque les éruptions se font par un beau temps, ou lorsqu'elles ne sont point accompagnées d'averses trop fréquentes.

On jugera aisément que les circonstances favorables ne doivent pas être très-communes. Cependant Carrera rapporte que la lave vomie en 1635, par l'Etna, en a fourni des chargemens considérables, dont l'expédition à l'étranger a donné de grands bénéfices. Boccone et Borelli, qui étaient témoins de la fameuse éruption de 1669, et qui l'ont décrite, font mention de la prodigieuse quantité de sel ammoniac qui en est résultée, et de son embarquement pour différens ports d'Italie. Si on veut se reporter à des temps plus modernes, et si l'on consulte le savant géologue, M. Ferrara, on trouve que la lave de 1763 en a produit fort abondamment; qu'il en a été recueilli plus de mille livres sur celle de 1780; que la lave de 1792 en a donné quelque peu, malgré les pluies qui ont accompagné son refroidissement; et que celle de 1811 en a assez fourni pour approvisionner amplement les ateliers et les apothicaires de la Sicile.

Quoique le sel ammoniac n'ait jamais été aussi abondant au Vésuve qu'à l'Etna, il n'est pas d'éruption cependant où sa presence n'ait été constatée. En revanche, il s'en exhale sans cesse par les nombreux soupiraux de la fameuse solfatare de Pouzzoles.

Nous ferons observer qu'il faut que les vapeurs ammoniacales de cette solfatare soient produites en bien grande quantité par le foyer volcanique, pour qu'elles arrivent ainsi jusqu'à la surface; en effet, elles traversent un sol dont la surface est peu élevée au-dessus du niveau de la mer, et dont la masse, ameublie par une

décomposition générale, est incessamment abreuvée d'humidité et pénétrée de sels en déliquescence, au milieu desquels les sulfates prédominent. On sait qu'une des deux grandes fumeroles de la solfatare a été exploitée pendant plusieurs années pour en extraire le sel ammoniac. Le célèbre géologue, M. Breislak, auteur du procédé qu'on suivait, a donné une excellente description de l'ensemble des lieux, dans ses *Voyages physiques et lithologiques dans la Campanie*, vol. II, page 69. Je ne puis qu'y renvoyer à tous égards. Si l'on veut se donner la peine de parcourir cette description, on restera convaincu que les deux foyers volcaniques, dont M. Abel Résumat vient de nous révéler l'existence, constituent deux solfatares analogues à celles de Pouzzoles, qui offrent probablement des dimensions encore plus vastes, et dans lesquelles le sel ammoniac est infiniment plus abondant.

Je terminerai en faisant remarquer que la découverte de M. Abel Résumat porte les derniers coups à cette hypothèse qui avait pour objet d'expliquer tous les phénomènes volcaniques, par la filtration des eaux de la mer jusque dans les cavités souterraines où résident les matières incandescentes, qui servent d'aliment aux éruptions; hypothèse fort ancienne, qui avait été remise en vogue par l'abbé Nollet, et qui, bien qu'elle ait été dans le principe aussi légèrement reçue que conçue, n'a pas laissé que de conserver des partisans. (*Annales des Mines.* V. 135.)

Addition *au Mémoire sur la Diminution de la durée du jour par le refroidissement de la terre, inséré dans le Cahier des* Annales *du mois d'avril* 1820.

Par M. de Laplace.

J'ai donné dans ce Mémoire, la théorie générale du mouvement de la chaleur dans une sphère homogène, quel qu'ait été son état initial de chaleur, en rattachant cette théorie à celle des attractions des sphéroïdes, publiée dons le livre III de la *Mécanique céleste.* Il restait, pour la compléter, à déterminer les constantes qu'elle renferme, au moyen de cet état initial. Il est facile d'y parvenir par le théorême suivant dont je donnerai la démonstration dans la *Connaissance des Temps* de 1823, qui paraîtra incessamment.

Je conserve les dénominations du Mémoire cité, et je suppose l'état initial de la chaleur, developpé dans une suite de termes $\nu^{(i)}$, i pouvant s'étendre depuis zéro jusqu'à l'infini, et $\nu^{(i)}$ étant une fonction rationnelle et entière de μ, $\sqrt{1-\mu^2}\,.\,\sin.\,\pi$, et $\sqrt{1-\mu^2}\,.\,\cos.\,\pi$ assujettie à la même équation aux différences partielles que $y^{(i)}$; les coefficiens de cette fonction étant des fonctions quelconques de r. J'ai donné, dans le N° 16 du livre III de la *Mécanique céleste*, une manière simple d'obtenir ce développement. Cela posé.

Que l'on forme la quantité :

$$c^{-nt}\,.\,q^{(i)}\,.\,\frac{\int r^2\, q^{(i)}\, dr\,.\,\nu^{(i)}}{\int (r\, q^{(i)})^2\,.\,dr};$$

les intégrales étant prises depuis r nul jusqu'à r égal au rayon a de la sphère. Soit $\theta^{(i)}$ la réunion de toutes ces quantités relatives aux diverses valeurs de n et de $q^{(i)}$, correspondantes à la même valeur de i, et dont le nombre est infini. L'expression de la chaleur pour un temps quelconque t, sera la somme de toutes les valeurs de $\theta^{(i)}$, depuis i nul jusqu'à i infini.

Dans le cas où l'état initial de la chaleur est une fonction de r seul, cette expression se réduit à $\theta^{(o)}$; ce qui donne le résultat intéressant que M. Fourier a publié dans les *Annales* d'avril 1820.

EXTRAIT *d'un Mémoire sur l'Ether sulfurique.*

Par JOHN DALTON.

Lu à la Société littéraire de Manchester, le 16 avril 1819.

CE Mémoire occupe une très-grande étendue dans les *Annals of Philosophy*, XV, 117. M. Dalton y traite d'abord de l'éther du commerce, et fait voir qu'il est souvent mêlé avec de l'alcool. Il conseille, pour le purifier, de le rectifier par des distillations successives, en mettant à part le premier produit de chaque opération; mais comme ce procédé est long et dispendieux, il donne la préférence au lavage de l'éther avec de l'eau : le liquide se divise en deux parties; la supérieure est de l'éther presque pur, et l'inférieure contient l'eau, l'alcool et un peu d'éther. Nous regrettons que ce physicien si justement célèbre n'ait pas connu la note im-

primée dans la *Statique chimique* de M. Berthollet, I. 519; car elle eût pu lui éviter une partie de ses recherches.

M. Dalton s'occupe ensuite de déterminer la densité de la vapeur de l'éther, qu'il trouve de 3,1, en prenant celle de l'air pour unité. Il a obtenu ce résultat en faisant évaporer de l'éther dans un ballon vide, et en mesurant la force élastique de sa vapeur, ainsi que la quantité d'éther vaporisée. Par un procédé un peu différent, qui consiste à faire passer un poids donné d'éther dans un vase gradué, rempli à-peu-près à moitié d'air atmosphérique, et renversé sur le mercure, il a obtenu un résultat qui confirme le premier.

Malgré cette concordance, les deux méthodes employées par M. Dalton nous paraissent très-défectueuses, et nous ne pouvons nous empêcher d'élever des doutes sur l'exactitude du résultat qu'il a obtenu pour la densité de la vapeur de l'éther. M. Gay-Lussac, par un procédé qui semble ne rien laisser à desirer, a trouvé seulement 2,586 pour cette densité, et ce nombre ne peut être en erreur de deux à trois centièmes. M. Dalton dit d'ailleurs qu'il a trouvé parmi ses notes une expérience faite en 1805 par le premier des procédés que nous venons de rapporter, d'après laquelle la densité de la vapeur de l'éther serait de 2,65, au lieu de 3,1. Nous ne pouvons expliquer une aussi grande différence qu'en supposant que M. Dalton opérait beaucoup mieux en 1805 qu'en 1819.

L'analyse que M. Dalton a faite de l'éther sulfurique en faisant passer des chocs électriques dans sa vapeur mêlée avec du gaz azote, ou en la faisant détoner avec du gaz oxigène, lui a donné pour sa composition:

		Suivant M. de Saussure.
Carbone,	51,9	67,98;
Oxigène,	33,7	17,62;
Hydrogène,	14,4	14,40.
	100,0	100,00.

Dans une note imprimée dans les *Annales de Chimie*, vol. xcv, p. 315, M. Gay-Lussac a corrigé les résultats de M. de Saussure, et a fait voir que pour les concilier avec la densité de la vapeur de l'éther, il fallait que l'éther fût composé de deux volumes de gaz oléfiant et de un volume de vapeur d'eau condensés en un seul, ou de 4 atomes de carbone, 5 atomes d'hydrogène et 1 atome d'oxigène. Ces résultats, convertis en poids, donnent :

Carbone,	65,01;
Oxigène,	21,58;
Hydrogène,	13,41.
	100,00.

Or, cette correction n'altérant pas trop les résultats de M. de Saussure pour les mettre d'accord avec plusieurs faits chimiques, il est tout-à-fait probable qu'ils sont plus près de la vérité que ceux de M. Dalton.

Dans le même Mémoire, M. Dalton a donné une petite table renfermant la force élastique de la vapeur de l'eau, de l'alcool et de l'éther pour huit températures différentes : nous en ferons l'objet d'un article particulier.

PROCÉDÉ *pour décomposer le chlorure d'argent par la voie humide.*

DANS les laboratoires de chimie, l'emploi fréquent du nitrate d'argent, comme réactif pour les chlorures et l'acide hydrochlorique, donne lieu à la production d'une quantité considérable de chlorure d'argent. On réduit ordinairement ce chlorure en le fondant dans un creuset avec de la potasse ; mais on perd beaucoup d'argent, et il est préférable de le mêler avec la chaux et le charbon dans les proportions suivantes :

Chlorure d'argent,	100,0 ;
Chaux vive sèche,	19,8 ;
Charbon,	4,2.

Cependant, pour que l'opération réussisse parfaitement, il est nécessaire que le chlorure soit en poudre, et qu'il soit bien mélangé avec les deux autres ingrédiens. S'il est en masse, et c'est ainsi qu'on l'obtient fréquemment, il est difficile de le décomposer sans perte. Le procédé qu'on va indiquer a l'avantage d'être d'une facile exécution, de ne donner aucune perte et de convenir également au chlorure d'argent en masse ou en poudre. Voici en quoi il consiste :

Prenez un vase de zinc ou une petite marmite de fonte de fer ; mettez-y le chlorure, et recouvrez-le de deux à trois centimètres d'eau. En supposant que le zinc et la fonte soient bien décapés, la décomposition du chlorure s'opérera d'elle-même en peu de temps ; mais s'il n'en était pas ainsi, elle pourrait être très-lente ; et, dans

ce cas, il conviendrait d'ajouter un peu d'acide hydrochlorique ou sulfurique. Cette addition est, au reste, nécessaire pour laver l'argent, et l'avoir plus pur.

La réduction du chlorure d'argent par le zinc et le fer est réellement une opération très-curieuse à voir, surtout avec le chlorure en masse : elle commence d'abord aux points de contact; mais elle s'étend bientôt sur toute la surface du chlorure sous la forme de ramifications, et pénètre dans son intérieur; de manière qu'en moins d'une heure des morceaux considérables de chlorure se trouvent entièrement réduits. La température s'élève beaucoup si l'on opère un peu en grand, et elle contribue à accélérer l'opération. On peut y suppléer, quand elle est trop faible, par une chaleur artificielle.

De l'Existence *du muriate de potasse dans le sel gemme.*

Le Dr Wollaston a, comme on sait, reconnu l'existence d'une très-petite quantité de chlorure de potassium dans les eaux de la mer. M. Vogel, dirigé par cette découverte, a recherché le même corps dans le sel gemme, et il vient, en effet, de l'y trouver.

L'eau de la saline de Rosenheim en Bavière évaporée convenablement, et l'*eau-mère* de la même saline sont précipitées par le chlorure de platine.

Le sel gemme de Berchtesgaden dans la Haute-Bavière, et de Hallein dans le pays de Salzbourg, dissous dans l'eau, précipite aussi le chlorure de platine, lorsqu'on a

séparé par l'évaporation la plus grande partie du sel marin qu'il renferme. Le précipité calciné avec de l'huile, et traité par l'acide nitrique, a donné des cristaux de nitrate de potasse. M. Vogel fait remarquer, à cette occasion, que MM. John Murray et Marcet regardent l'eau de mer comme plus simple qu'elle n'est réellement; car il a la certitude que les eaux de la Méditerranée et de l'Océan contiennent de l'acide carbonique, ainsi que des carbonates de chaux et de magnésie dont MM. Murray et Marcet ne font aucune mention. (*Journ. de Pharm.* VI. 378.)

ANALYSE *de l'acide phosphoreux.*

Par le Dr THOMSON.

(*Annals of Philosophy.* XV. 227.)

LE Dr Thomson cherche à prouver que l'acide phosphoreux contient juste la moitié de l'oxigène de l'acide phosphorique, au lieu de $\frac{3}{5}$ qu'admet M. Berzelius. C'est sur la combinaison de l'oxigène avec le gaz hydrogène phosphuré qu'il établit ses calculs.

Ce dernier gaz, dont la densité $= 0{,}9022$, contient, suivant le Dr Thomson, précisément son volume d'hydrogène, et il exige pour sa combustion, ou un volume d'oxigène, et il se produit alors de l'acide phosphoreux, ou 1 vol. $\frac{1}{2}$, et il se produit de l'acide phosphorique : or, un volume d'hydrogène absorbant $\frac{1}{2}$ volume

d'oxigène, il en reste $\frac{1}{2}$ pour l'acide phosphoreux, et 1 pour l'acide phosphorique; par conséquent l'acide phosphoreux contient moitié moins d'oxigène que l'acide phosphorique. C'est donc de la composition du gaz hydrogène phosphuré et de sa combustion, que le Dr Thomson conclut les proportions de l'oxigène et du phosphore dans l'acide phosphoreux; mais nous ferons remarquer qu'il n'est point exact que le gaz hydrogène phosphuré contienne précisément son volume d'hydrogène; car MM. Thenard et Gay-Lussac ont fait voir, dans leurs *Recherches physico-chimiques*, vol. I, p. 214, qu'il en contient environ une fois et demie son volume. Ce résultat a été admis par la plupart des chimistes, et jusqu'à présent, au moins que nous sachions, on n'a publié aucune expérience contraire. Il serait par conséquent nécessaire, pour donner plus de confiance à son analyse de l'acide phosphoreux, que le Dr Thomson fît connaître les expériences d'après lesquelles il a conclu que l'hydrogène phosphuré ne contient que son volume d'hydrogène.

Sur *la Composition du chlorure de soufre.*

Par Thomas Thomson.

Cette substance, dont la découverte a été faite en 1803 par l'auteur de ce Mémoire, avait été examinée par plusieurs chimistes; mais on n'était pas encore d'accord sur sa véritable composition.

42,9 grains de chlorure de soufre, dont la densité était de 1,6789, ont été versés dans 8 onces d'eau, et le mélange, renfermé dans un vase bien bouché, a été agité de temps en temps. La décomposition ne s'en est faite que lentement, et il a fallu au moins six semaines pour qu'elle fût complète. Il s'était déposé dans le vase une certaine quantité de soufre; mais la liqueur étant toujours restée trouble, on y a versé de l'ammoniaque, un peu au-delà de ce qui était nécessaire pour saturer l'acide libre, et on l'a filtrée : on a ainsi obtenu 17,46 grains de soufre.

Le liquide, qui était maintenant très-clair, étant neutralisé par l'acide acétique, on y a versé du nitrate de baryte. Il n'y a eu aucun effet immédiat de produit; mais, au bout de vingt-quatre heures, il s'était formé un léger précipité du poids de 2 grains qui a été pris pour du sulfite de baryte, et dans lequel conséquemment il y a 0,29 gr. de soufre.

On a versé ensuite dans la liqueur (que nous désignerons par *A*) du nitrate d'argent tant qu'elle s'est troublée : les premières portions du précipité avaient les caractères qui distinguent ordinairement le chlorure d'argent; mais, au bout de quelque temps, la liqueur a commencé à déposer une matière d'un noir brunâtre, semblable en apparence au sulfure d'argent, et ce n'est qu'après plusieurs jours que le dépôt a cessé d'augmenter. Une nouvelle addition de nitrate d'argent n'ayant plus produit aucun effet, le précipité a été séparé du liquide surnageant, et lavé.

Ce précipité étant manifestement composé de chlorure et de sulfure d'argent, on l'a traité par l'ammo-

niaque, qui a dissous le chlorure, et a laissé 15,13 de sulfure d'argent dans lesquels il y a 1,92 de soufre. On verra plus tard l'origine de ce sulfure.

En réunissant les trois quantités de soufre qu'on vient d'obtenir, elles s'élèvent à 19,67 grains.

Le chlorure d'argent, séparé de l'ammoniaque par l'acide hydrochlorique, pesait 83,7, et contenait par conséquent 20,63 grains de chlore. Ainsi, d'après cette analyse, les 42,9 grains de chlorure de soufre sont composés de :

Chlore,	20,63	48,09;
Soufre,	19,67	45,85;
Perte,	2,60	6,06.
	42,90	100,00.

La perte de 6 pour cent, dit M. Thomson, ne paraîtra pas excessive si l'on fait attention au temps considérable qu'a duré l'expérience, et à la grande volatilité du chlorure de soufre.

Si l'on suppose que cette substance soit formée de deux atomes de soufre et de un de chlore, on trouve que pour 45,85 de soufre elle doit contenir 51,58 de chlore, au lieu de 48,09 qu'a donné l'expérience; et M. Thomson ne doute pas que cette supposition ne soit exacte.

Il est facile maintenant d'expliquer d'une manière satisfaisante tous les phénomènes que présente le chlorure de soufre lorsqu'on le décompose par l'eau. Un atome de soufre se précipite; l'autre atome se change en acide hyposulfureux en se combinant avec un atome

d'oxigène provenant de la décomposition de l'eau, et l'hydrogène de celle-ci forme avec le chlore de l'acide hydrochlorique. L'acide hyposulfureux, ne pouvant rester dans l'eau sans se décomposer et abandonner du soufre, est la cause de l'opacité qu'elle conserve pendant que tout le chlorure n'est pas décomposé. Quand on ajoute de l'ammoniaque à l'eau dans laquelle on a mis le chlorure de soufre, elle se combine avec l'acide hyposulfureux dont elle prévient la décomposition; et lorsqu'ensuite on emploie le nitrate d'argent pour précipiter l'acide hydrochlorique, il se forme de l'hyposulfite d'argent, qui, suivant l'observation de M. Herschell, se décompose spontanément, et donne pour produit du sulfure d'argent et de l'acide sulfurique, dont, à la vérité, M. Thomson n'a pas tenu compte (1).

---

(1) M. Thomson, dans l'analyse du chlorure de soufre, a certainement évalué trop bas la proportion du soufre. En effet, en admettant que le sulfure d'argent obtenu dans cette analyse provient de la décomposition spontanée de l'hyposulfite d'argent qui s'était produit en versant du nitrate d'argent dans la liqueur *A* ci-dessus, il est évident qu'il a dû se former de l'acide sulfurique, conformément à l'observation de M. Herschell; la quantité en est même considérable; car si le chlorure de soufre analysé par M. Thomson renferme deux atomes de soufre et un de chlore, et qu'il se soit réellement formé un atome d'acide hyposulfureux lorsqu'on l'a décomposé par l'eau et l'ammoniaque, la perte en soufre, due à l'acide sulfurique dont on n'a pas tenu compte, s'élèverait au moins au $\frac{1}{4}$ de la quantité totale qu'en renfermait le chlorure, ou au tiers de celle qu'a obtenue M. Thomson. Il

Outre cette combinaison de 2 atomes de soufre et de 1 de chlore, il en existe une autre dans laquelle les deux élémens sont combinés atome à atome. Elle a été obtenue par M. Davy, en mettant du soufre bien sec dans du chlore gazeux ; mais elle n'a pas été examinée. (*Annals of Philosophy*. XV. 408.)

Lettre *de M.* Beudant *à M.* Gay-Lussac, *sur le Mémoire de M.* Mitscherlich.

Monsieur,

Permettez-moi de vous communiquer quelques observations sur l'important Mémoire de M. Mitscherlich que vous avez imprimé dans le dernier Cahier des Annales, et ayant pour titre : *Sur la Relation qui existe entre les formes cristallines et la composition chimique*. Ce Mémoire a pour objet d'établir cette proposition fondamentale qu'*un grand nombre de corps de nature différente sont susceptibles d'affecter les mêmes formes, et que dans ce cas, quelle que soit la nature des principes constituans, ces corps sont composés du même nombre d'atomes élémentaires*. Il est à remarquer qu'il ne s'agit

---

a dû se former une quantité d'acide sulfurique correspondante à deux proportions d'oxigène, l'une fournie par l'acide hyposulfureux, et l'autre par l'oxide d'argent avant sa conversion en sulfure. Cet objet mérite par conséquent de nouvelles recherches. R.

point ici des corps dont les formes se rattachent au système cristallin cubique, c'est-à-dire, aux *formes limites* de M. Haüy, ce qui n'aurait rien de nouveau ; mais qu'il est question des systèmes cristallins de toute espèce, ce qui est un objet neuf et de la plus haute importance relativement à la détermination des espèces en minéralogie.

J'avais déjà par-devers moi des faits qui semblaient conduire aux mêmes résultats, de sorte que le Mémoire de M. Mitscherlich m'a présenté un intérêt encore plus spécial ; mais j'ai vu avec peine qu'à côté des faits réels que l'auteur a cités, il s'en trouvait quelques-uns qui étaient tout-à-fait inexacts, et qui pouvaient en conséquence jeter du doute sur les premiers, dans l'esprit des minéralogistes auxquels cet article parviendrait. Cette circonstance m'engage à corriger ici les inexactitudes que j'ai cru remarquer, pour faire mieux ressortir l'importance cristallographique des faits positifs qui se trouvent consignés dans le Mémoire de M. Mitscherlich.

Parmi les données que l'auteur met en avant pour appuyer sa théorie, il faut distinguer les faits tirés des substances naturelles et ceux qui ont été puisés dans les sels artificiels. Les premiers sont tous inexacts, et il suffit, pour s'en convaincre, de consulter les ouvrages de minéralogie. Ainsi il n'est point exact de dire qu'il y a identité entre les formes cristallines des carbonates de chaux, de magnésie et de chaux, de fer, etc. Les angles déterminés par M. Wollaston sont vrais, et quoiqu'ils diffèrent très-peu les uns des autres dans les divers rhomboèdres que ces substances affectent, il n'est pas possible d'en rejeter l'observation, et d'autant moins qu'elle a été constatée depuis par divers savans. Le car-

bonate de zinc offre encore un rhomboèdre réellement différent des premiers ; mais il existe des carbonates de chaux simplement mélangés de fer ou de manganèse, et ce sont eux qui ont peut-être induit les auteurs en erreur.

L'observation qui a rapport aux sels de baryte, de strontiane et de plomb est encore inexacte quant à ce qui regarde ceux qui se trouvent dans la nature. Il suffit, pour s'en convaincre, de relever les mesures d'angles qui se trouvent citées aux articles sulfate de baryte, sulfate de strontiane et sulfate de plomb, des ouvrages de M. Haüy ; et quoiqu'on arrive à des formes assez voisines, suivant la manière d'envisager les cristaux secondaires, il y a pourtant une différence très-sensible dans les angles. Les carbonates de ces mêmes oxides sont encore assez différens, et le carbonate de plomb ne présente pas même un système cristallin qui soit analogue à celui des deux autres.

La similitude entre la forme de l'axinite et celle du sulfate de cuivre est encore une erreur ; il y a seulement analogie de système cristallin, mais non égalité dans les angles.

M. Mitscherlich, en généralisant ses idées d'identité de forme entre les phosphates et les arséniates, comprend par conséquent ceux qui se trouvent dans la nature. Or, si on vient à comparer l'arséniate et le phosphate de fer, on verra qu'il est impossible de les identifier ; car les deux systèmes cristallins, l'un cubique, l'autre en prisme rectangulaire oblique, sont incompatibles. Si on compare le phosphate de cuivre et l'arséniate, on verra encore qu'il n'y pas tout-à-fait identité, que les angles, quoique assez voisins, sont cependant sensiblement

différens ; mais il y a analogie entre les systèmes cristallins de ces deux espèces. On peut, il est vrai, soupçonner identité de forme entre le phosphate et l'arséniate de plomb ; mais il est à remarquer que jusqu'ici les cristaux auxquels on a donné le nom d'*arséniate*, renferment tous une certaine quantité de phosphate, et qu'ainsi la question reste indécise à leur égard.

J'attaquerai aussi, dans les sels artificiels, la similitude des sulfates de cuivre et de manganèse ; car, d'après les cristaux que j'ai pu voir, je trouve seulement analogie de système cristallin, et j'observe que les angles sont très-différens de part et d'autre ; la différence va jusqu'à 10 degrés.

Je termine heureusement mon examen critique ; car, relativement à ce qui m'est connu des autres faits cités par M. Mitscherlich, je me trouve entièrement d'accord avec lui. Ainsi, il est constant pour moi :

1°. Que la forme du sulfate de cobalt est identique avec celle du sulfate de fer, et, à cet égard, je relèverai une erreur que j'ai commise en répondant à une observation de M. Wollaston (1) ; j'ai été trompé alors par la symétrie des formes secondaires, et j'admets aujourd'hui que le système cristallin du sulfate de fer n'est pas représenté par un rhomboèdre, mais bien par un prisme oblique rhomboïdal très-approchant du rhomboèdre. La même forme avec les mêmes angles se retrouve dans le sulfate de cobalt (2) ;

---

(1) *Annales de Chimie*, 1817, page 401.

(2) Je me serais fait autrefois la question de savoir s'il n'existait pas quelques traces à peine sensibles de sulfate de

2°. Que les sulfates de zinc, de nickel et de magnésie affectent aussi des formes semblables. Ce sont des prismes à base carrée, terminés par des pyramides dont les plans font avec les faces latérales des angles d'environ 130^{d}. Les cristaux dans l'une et l'autre substance passent par les mêmes phases;

3°. Que le sulfate de potasse et le sulfate d'ammoniaque ont encore identiquement la même forme, qui peut être représentée par un dodécaèdre bipyramidal à triangles isocèles. Ce sont, de part et d'autre, les mêmes angles et les mêmes modifications.

4°. Enfin, j'adopte encore tout ce qui est dit dans le

---

fer dans ce sulfate de cobalt. En effet, j'avais toujours trouvé des traces, quelquefois à peine sensibles, de ce sel (*Annal. des Mines,* tom. II (1817), pag. 15) dans les cristaux divers que j'avais anciennement obtenus, et en opérant avec des sulfates de cuivre et de zinc *parfaitement purs,* je n'avais pu parvenir à avoir des cristaux semblables à ceux du sulfate de fer. Cependant M. Wollaston, et plus encore M. Mitscherlich, assurent avoir obtenu des cristaux semblables à ceux du sulfate de fer, en employant divers sels parfaitement exempts de fer. Je ne sais comment ces Messieurs ont opéré pour arriver à un résultat que j'avais cru d'abord moi-même obtenir, lorsqu'on me fit apercevoir que ma méthode d'analyse pouvait laisser échapper les petites quantités de fer. Je répéterai l'expérience au premier moment, et si les faits annoncés par M. Mitscherlich sont vrais, comme je ne puis guère en douter, je me contenterai d'avoir été assez heureux pour approcher très-près de la vérité, et j'abandonnerai les conjectures minéralogiques que j'avais alors tirées pour les subordonner aux conséquences que j'adopte aujourd'hui.

Mémoire relativement aux sulfates doubles. C'est à l'égard de ces composés, que j'avais depuis long-temps des résultats semblables à ceux que M. Mitscherlich vient d'obtenir. Des considérations particulières, étrangères à la science, m'avaient décidé à ne pas les publier de sitôt; mais j'en avais parlé à plusieurs personnes, et ce sont ces résultats dont il est question dans une note que j'ai jointe à mon Mémoire sur les causes qui font varier la cristallisation des corps (1). Je connais onze de ces sels, et je viens de m'assurer encore qu'il y en a au moins sept qui sont identiques sous le rapport de la forme. Tous dérivent d'un prisme rhomboïdal oblique, dont les faces font entre elles des angles d'environ 109d. et 71, et dont les bases, reposant sur l'arête obtuse, font avec les faces du prisme des angles d'environ 105d. et 75. Les modifications que ce cristal fondamental éprouve sont semblables dans tous ces sels, et présentent exactement les mêmes angles.

Il existe encore, dans le Mémoire de M. Mitscherlich, des citations de plusieurs autres sels; mais je ne les connais pas assez pour pouvoir prononcer rigoureusement; il me paraît encore y avoir des faits réels, mais peut-être aussi quelques inexactitudes, surtout dans les phosphates et les arséniates.

---

(1) Voyez *Annales des Mines*, tome III (1818), page 318, note.

C'est à ces mêmes résultats que se rapporte la note qu'on trouve à l'article *cristallisation*, que M. Brochant a donné dans le *Dictionnaire des Sciences naturelles*, imprimé chez M. Levrault. Tome XI, page 446.

On voit, d'après l'examen que je viens de faire, qu'il faut d'abord modifier, dans le Mémoire de M. Mitscherlich, les citations qui ont rapport aux substances minérales. Il n'y a point d'*identité* entre les systèmes cristallins de celles qui ont été citées ; mais il est à remarquer que, dans plusieurs cas, il y a *analogie* entre ces systèmes, ce qui est déjà un phénomène assez important, lorsqu'on le compare à l'identité qui existe entre les proportions chimiques. Il résulte de cette espèce de rapport, si toutefois les observations subséquentes lui donnent quelques généralités,

1°. Que l'étude des systèmes cristallins peut conduire à grouper entre eux des corps dans lesquels des élémens quelconques sont réunis en même proportion ;

2°. Que la mesure des angles peut conduire ensuite à diviser chacun de ces groupes de systèmes cristallins analogues en espèce, et servir de caractère pour reconnaître la nature des composans. Il faut avouer cependant qu'il paraît se présenter, à cet égard, beaucoup d'exceptions ; c'est au temps à éclaircir tous nos doutes.

Quant aux sels artificiels, il est certain, d'après les observations de M. Mitscherlich et les miennes, qu'il en existe un assez grand nombre, qui sont totalement différens par leur nature chimique, et qui affectent cependant des formes *identiques*, quoique ces formes n'appartiennent en rien à celles qui se rattachent au système cristallin cubique, c'est-à-dire, aux formes que M. Haüy a désignées sous le nom de *formes limites*. C'est un fait qui me paraît être très-important.

Maintenant les faits cristallographiques que présentent les substances artificielles peuvent-ils être appliqués aux substances minérales ? C'est là le seul doute qu'on puisse élever. Mais je ne puis m'empêcher, pour être conséquent avec moi-même, de répondre ici par l'affirmative ; car j'ai déjà avancé plusieurs fois que c'était dans les sels artificiels, qu'on peut composer et décomposer à volonté, qu'il fallait chercher la solution de toutes les questions cristallographiques que présentent les substances minérales : or, puisque les sels artificiels nous font voir directement que des corps, tout-à-fait différens par leur nature chimique, affectent réellement des formes identiques, il me semble par analogie qu'il en doit être de même dans les substances naturelles, qui ne diffèrent des autres qu'en ce que nous ne savons pas encore les recomposer à volonté.

Mais de là il résulte que l'observation seule de la forme cristalline ne suffit plus pour établir similitude ou différence spécifique entre deux substances minérales. Cependant il ne faudrait pas croire que l'examen cristallographique dût être rejeté ; car, dans l'état où se trouve pour le moment la science, il nous conduit au moins à soupçonner similitude ou différence entre les proportions des principes composans quels qu'ils soient. Ainsi, la forme seule nous conduira encore à établir des groupes de corps qui auront réellement entre eux une certaine analogie chimique ; mais l'analyse exacte nous indiquera ensuite des divisions dans ces groupes. Ces résultats sont une extension de ceux que nous avions déjà relativement aux formes limites.

Ces observations trouvent une application immé-

diate dans les substances pierreuses des classifications minérales. L'étude des formes avait fait réunir plusieurs substances en groupes, qu'on avait nommés *espèce*. On a tenu jusqu'ici à les conserver tels, parce que, dans la plupart (le grenat excepté), on trouvait des formes qui n'appartenaient pas aux formes limites, et qu'on n'avait pas encore d'exemples que de telles formes pussent se rencontrer identiquement dans des substances réellement différentes. Aujourd'hui que les observations de M. Mitscherlich et les miennes ont constaté ce fait, plusieurs espèces minérales ne peuvent plus être regardées que comme des groupes dans lesquels il faudra peut-être établir des sous-divisions lorsqu'on aura des résultats chimiques positifs. C'est peut-être ce qui aura lieu dans les espèces *tourmaline*, *amphibole*, *pyroxène*, *etc.* Mais le résultat même des observations chimiques de M. Mitscherlich nous indique que, dans les classifications minéralogiques, nous devons encore conserver ces groupes, et laisser, les unes à côté des autres, les diverses espèces dans lesquelles on pourra les diviser. Il y a même plus; car M. Mitscherlich annonçant que l'identité de forme entraîne identité de propriétés chimiques, il en résulte que le meilleur mode de classification, pour l'étude, est de grouper les corps en familles d'après leurs formes, qui pourront déjà nous indiquer un ensemble de propriétés générales, avant que l'analyse nous ait fait connaître la nature particulière de chacune des substances qui constituent chaque groupe.

Je pourrais ajouter ici quelques observations qui conduiraient encore à des résultats analogues, et qui s'étendraient même jusqu'aux modifications cristallines

ue les mêmes substances sont susceptibles d'éprouver ;
nais ce travail exigerait, de ma part, quelques nouvelles echerches que mes occupations ne me permettent pas ujourd'hui d'entreprendre. Je les donnerai par la suite, 'il arrive que M. Mitscherlich, en continuant son tra- ail, ne vienne pas à les rencontrer.

Je suis, etc.

Sur *le Vodanium.*

Dans le volume XI de ce journal, page 201, nous avions fait l'annonce d'un nouveau métal découvert par M. Lampadius, et auquel il avait donné le nom de *vodanium.* M. Stromeyer vient d'analyser des échantillons du minéral même dans lesquels M. Lampadius avait découvert son métal, et il n'y a trouvé que du nickel, du cobalt, du fer, du cuivre, du plomb, de l'antimoine, de l'arsenic et du soufre, sans aucune trace de vodanium.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS.
	Barom. à 0°.	Therm extér.	Hygr.	Barom, à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	758,85	+16,5	70	759,45	+18,9	62	759,90	+19,0	60	761,89	+13,8	69	+19,8	+13,2	Nuageux.	N. fort.
2	762,97	+17,1	53	761,67	+19,5	50	760,30	+21,3	46	759,59	+16,4	57	+21,3	+10,7	Très-nuageux.	N. E.
3	756,68	+18,3	59	756,84	+17,8	55	756,45	+18,1	54	756,13	+14,4	70	+18,3	+13,8	Couvert.	O.
4	755,40	+17,3	64	755,43	+20,4	56	755,57	+18,8	59	756,75	+15,1	75	+20,4	+13,2	Très-nuageux.	O.
5	758,40	+17,3	60	758,10	+20,0	52	757,63	+19,0	66	758,28	+14,1	80	+20,0	+10,8	Couvert.	N. O.
6	759,41	+14,6	77	759,73	+14,2	77	759,75	+14,9	74	759,74	+14,0	81	+15,5	+11,9	Couvert.	N. O.
7	760,10	+15,0	67	759,83	+18,3	63	759,54	+17,8	63	760,50	+13,5	81	+18,3	+12,1	Couvert.	N. O.
8	760,92	+13,1	92	760,90	+14,8	80	760,58	+17,3	62	760,73	+14,6	71	+17,3	+12,5	Couvert.	N. O.
9	760,47	+17,9	59	760,27	+19,5	58	759,66	+18,6	58	759,63	+16,0	70	+19,5	+12,0	Nuageux.	N. E.
10	759,11	+19,3	62	759,47	+22,8	53	757,66	+23,2	48	757,38	+19,5	59	+23,8	+10,8	Nuageux.	E.
11	757,17	+21,5	58	756,78	+25,0	50	755,90	+25,2	44	755,66	+21,0	46	+25,3	+13,0	Petits nuages.	E.
12	753,82	+26,1	49	752,95	+28,1	37	752,04	+29,0	33	750,70	+22,5	50	+29,0	+14,5	Trouble et nuageux.	E.
13	749,52	+25,4	70	749,19	+25,8	67	749,18	+24,6	61	750,13	+17,8	92	+25,8	+16,8	Nuageux.	S.
14	751,63	+21,5	74	752,06	+22,6	65	752,36	+23,8	60	753,80	+19,1	89	+23,9	+16,5	Très-nuageux.	O.
15	756,60	+23,2	64	756,74	+25,9	50	756,53	+26,5	48	756,73	+20,0	86	+26,5	+15,8	Nuageux.	O.
16	755,91	+25,2	60	754,96	+27,8	48	754,35	+27,8	44	753,21	+22,9	74	+27,8	+13,9	Nuageux.	N. N. E.
17	747,24	+21,0	88	745,70	+28,2	59	746,83	+24,8	52	747,97	+16,6	93	+28,3	+16,6	Nuageux.	S. E. fort.
18	745,57	+21,0	80	745,43	+23,0	50	745,29	+23,2	49	745,44	+18,3	70	+23,3	+12,8	Nuageux.	S. O fort.
19	745,27	+20,5	70	746,24	+21,8	63	747,14	+22,0	60	749,40	+18,0	76	+22,0	+13,8	Couvert.	S. O. fort.
20	750,87	+18,5	80	751,36	+23,0	64	751,75	+22,8	63	753,46	+17,8	82	+23,0	+15,0	Couvert.	S. O.
21	756,07	+21,1	62	756,31	+24,1	52	756,54	+21,1	53	757,58	+17,5	90	+24,1	+15,0	Très-nuageux.	O S. O.
22	756,70	+23,4	62	756,35	+23,2	60	756,00	+21,2	64	766,72	+15,0	67	+23,3	+14,5	Très-nuageux.	O, S. O.
23	756,16	+18,1	77	756,60	+16,2	70	756,82	+15,5	85	757,75	+13,3	99	+18,5	+1[illegible],8	Couvert.	O.
24	757,92	+17,6	77	758,04	+19,4	61	757,97	+20,5	60	758,14	+16,8	90	+20,5	+12,8	Couvert.	O.
25	756,64	+19,2	73	756,23	+21,8	63	755,56	+17,0	93	755,93	+16,6	72	+20,9	+14,2	Couvert.	O. S. O.
26	759,28	+18,8	64	759,45	+19,4	52	759,50	+20,7	49	760,57	+16,4	82	+20,8	+11,5	Très-nuageux.	O.
27	761,13	+17,5	89	760,76	+19,9	71	75[illegible],35	+21,9	62	759,92	+15,8	82	+22,5	+12,5	Couvert.	O.
28	759,68	+21,6	58	759,67	+21,8	57	759,34	+22,8	55	759,55	+18,7	75	+22,9	+15,0	Couvert.	O.
29	759,78	+22,0	64	759,48	+25,5	50	758,85	+25,9	47	758,83	+20,5	66	+25,9	+14,8	Nuageux.	O.
30	758,16	+25,1	60	757,13	+28,1	49	756,17	+30,4	40	754,70	+23,7	59	+30,4	+14,[illegible]	Légères vapeurs.	S. E.
31	754,30	+26,6	47	753,95	+31,9	36	753,40	+32,0	33	753,06	+25,0	44	+32,2	+18,5	Petits nuages.	S.
1	759,23	+16,6	67	759,17	+18,6	61	758,70	+18,8	55	759,06	+15,1	71	+19,4	+12,1	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	751,36	+22,4	69	751,14	+25,1	55	751,14	+25,0	51	751,65	+19,4	76	+25,5	+14,9	Moyenn. du 11 au 21	Cour, 1,565.
3	757,80	+20,0	66	757,63	+22,8	56	757,27	+22,6	58	757,52	+18,1	75	+23,8	+14,0	Moyenn. du 21 au 31.	Terrasse, 1,450.
	756,18	+20,0	67	756,03	+22,2	57	755,75	+22,1	55	756,12	+17,6	74	+22,9	+13,7	Moyennes du mois, + 18,3.	

EXPOSÉ

Des expériences faites sur le corps d'un criminel immédiatement après l'exécution, avec des observations physiologiques et philosophiques.

PAR ANDREW URE,

Docteur-Médecin, Membre de la Société géologique.

(Lu à la Société littéraire de Glasgow, le 10 décembre 1818, et imprimé dans le *Journal of Science and the Arts*, n° 12.)

(Traduit de l'anglais par M. BILLY.)

LES convulsions observées par hasard dans les cuisses des grenouilles mortes, suggérèrent dans l'origine à Galvani l'étude de certains phénomènes qui, d'après lui, ont été appelés *galvaniques*. Il attribue ces mouvemens à un fluide ou pouvoir électrique, inné dans le corps vivant, ou capable d'être développé par lui, fluide qu'il nomma *électricité animale*. La torpille (*torpedo*), le gymnote et le silure électrique (*gymnotus et silurus electricus*), poissons doués d'un véritable appareil électrique, prêt à être mis en action par un effort de leur volonté, étaient déjà connus des naturalistes, et fournirent des analogies plausibles au philosophe de Bologne. Volta, à qui cette science est redevable des plus brillantes découvertes sur ses principes, aussi bien que de son merveilleux appareil, justement appelé de son nom, avança de puissans

argumens contre l'hypothèse de Galvani. Il attribua les commotions musculaires et les autres phénomènes à l'excitation de l'électricité ordinaire par des combinaisons auxquelles on n'avait jamais pensé dans le monde savant ; savoir, au contact mutuel de corps dissemblables, tels que les métaux, le charbon, la matière animale, appliqués l'un contre l'autre, ou mis en communication par certains liquides. Et aujourd'hui peut-être, les seuls faits qu'il semble difficile de concilier avec la belle théorie de l'électro-motion, inventée par le physicien de Pavie, sont quelques expériences d'Aldini, neveu du premier inventeur.

On n'employa, dans ces expériences, ni métaux ni charbon. Il paraît que, dans quelques-unes d'entre elles, on a excité de très-énergiques contractions musculaires en mettant en contact l'une avec l'autre une partie d'un animal à sang chaud et celle d'un animal à sang froid, comme les nerfs et le muscle d'une grenouille, avec la chair sanglante du cou d'un bœuf dont on venait de couper la tête. Dans d'autres expériences, les nerfs et les muscles du même animal semblent avoir opéré l'excitation galvanique ; on vit aussi le nerf d'un animal agir avec le muscle d'un autre. Aldini déduit de ses expériences une conséquence en faveur de l'hypothèse de son oncle ; c'est qu'une électricité animale propre est inhérente dans le corps de l'animal, laquelle, pour se développer, n'exige l'assistance d'aucun agent extérieur. Si nous admettions la réalité de ces résultats, nous pourrions peut-être hasarder de les rapporter à un principe analogue à la pile de sir Humphry Davy, ou au circuit voltaïque de deux liquides dissemblables et du charbon.

Au reste, cette partie du sujet est enveloppée dans une profonde obscurité.

On a fait en Angleterre et ailleurs beaucoup d'expériences sur les corps des criminels, après leur exécution. Vassali, Julio et Rossi en firent un grand nombre à Turin, sur des hommes décapités. Ils donnèrent une attention particulière à l'effet de l'électricité galvanique sur le cœur et sur d'autres muscles involontaires, objet de beaucoup de controverses antérieures. Volta assurait que ces muscles n'étaient point du tout sensibles à ce pouvoir électrique. Fowler soutenait qu'ils en étaient affectés, mais avec difficulté et dans un faible degré. Cette opinion fut confirmée pas Vassali, qui montra de plus que les muscles de l'estomac et des intestins pouvaient aussi être excités. Aldini, au contraire, déclara qu'il ne pouvait affecter le cœur par ses moyens galvaniques les plus puissans.

Cependant ces expériences furent faites, pour la plupart, soit sans une batterie voltaïque, soit avec des piles bien faibles en comparaison de celles qu'on emploie à présent. A la vérité, celles qui eurent lieu sur le corps d'un criminel, à Newgate, dans lesquelles les membres furent violemment agités, les yeux ouverts et fermés, la bouche et les mâchoires travaillées en tout sens, et toute la face jetée dans des convulsions effroyables, furent faites par Aldini, avec, je crois, une série considérable de plaques voltaïques.

Dans le premier moment, on a trop négligé, selon moi, une circonstance particulière, dans les expériences de cette espèce : c'est qu'une masse musculaire à travers laquelle on transmet directement l'énergie galvanique, présente des

mouvemens contractiles très-faibles, en comparaison de ceux qui peuvent être excités en faisant passer l'influence le long du principal nerf du muscle. Cette inattention me paraît être, sinon la seule, du moins la principale source des faibles effets produits jusqu'ici dans ces sortes d'expériences, sur le cœur et sur les autres muscles indépendans de la volonté. On doit aussi observer qu'on a fait trop peu de distinction entre le pole positif et le pole négatif de la batterie, quoiqu'il y ait de bonnes raisons de supposer que leurs pouvoirs sur la contraction musculaire ne sont pas les mêmes.

Suivant Ritter, l'électricité du pole positif augmente les forces vitales, tandis que le pole négatif les diminue. Le premier tuméfie les parties, le second les déprime. Le pouls de la main, dit-il, tenu quelques minutes en contact avec le pole positif est fortifié ; il est affaibli s'il est en contact avec le pole négatif. Dans le premier cas, on éprouve une sensation de chaleur ; on a froid dans le second. Les objets paraissent plus grands, plus brillans et rouges à un œil électrisé positivement, tandis que, pour un œil électrisé négativement, ils semblent plus petits, moins distincts et bleuâtres, couleurs qui indiquent les extrémités opposées du spectre prismatique. Les saveurs acides et alcalines, lorsque les deux électricités agissent successivement sur la langue, sont bien connues et ont été expliquées ingénieusement par sir H. Davy. L'odeur de l'acide oxy-muriatique et celle de l'ammoniaque sont, suivant Ritter, les odeurs excitées par les deux poles opposés, comme un son plein et un ton aigu sont les effets correspondans sur les oreilles. Ces expériences ont besoin de vérification.

Ces principes se retrouvent, sinon en totalité, au moins en partie, dans les doctrines enseignées par un praticien de Londres, qui est très-habile pour administrer l'électricité médicale. Il affirme que l'influence du fluide électrique de nos machines ordinaires dans le traitement des maladies peut être rapportée à trois chefs distincts ; savoir : d'abord, la forme de *rayons* quand ce fluide est lancé d'un point électrisé positivement, ensuite la forme d'une étoile ou le feu négatif concentré sur une balle de cuivre, et en troisième lieu, l'explosion de la bouteille de Leyde. Il assigne une action spécifique à chacune de ces formes. La première agit comme moyen sédatif, en diminuant l'activité morbide ; la seconde comme un stimulant, et la dernière opère comme une force désobstruente, en dispersant les tumeurs chroniques. On donne un ample récit de cas particuliers, pour confirmer ces propositions générales ; ma propre expérience me conduit à supposer que le pole négatif de la batterie voltaïque donne des sensations plus poignantes que le pole positif.

Mais les recherches les plus précises et les plus intéressantes sur la relation entre l'électricité voltaïque et les phénomènes de la vie, sont incontestablement celles que contiennent les dissertations du Dr Wilson Philip, insérées dans les *Transactions philosophiques*. Il faut y ajouter les expériences qu'il a faites pour découvrir les lois des fonctions vitales, et qu'il a publiées récemment.

Il a essayé de prouver, dans ses premières recherches, que la circulation du sang et l'action des muscles involontaires étaient indépendans de l'influence nerveuse. Dans un dernier Mémoire, lu en janvier 1816, il montra

la dépendance immédiate des fonctions sécrétoires, par rapport à l'influence nerveuse.

Au moyen d'incisions faites au col de plusieurs lapins en vie, on coupa la huitième paire de nerfs, allant à l'estomac et servant à la digestion. Après l'opération, le persil qu'ils mangèrent resta sans altération dans leurs estomacs, et les animaux, après avoir montré beaucoup de difficulté pour respirer, semblaient mourir de suffocation. Mais lorsque, dans d'autres lapins traités de même, on eut transmis le pouvoir galvanique le long du nerf, au-dessous de sa section, à un disque d'argent mis tout contre en contact avec la peau de l'animal vis-à-vis l'estomac, il n'y eut point de difficulté à respirer. L'action voltaïque ayant été entretenue pendant vingt-six heures, les lapins furent tués ensuite, et on trouva le persil aussi parfaitement digéré que dans les lapins bien portans, nourris dans le même temps; leurs estomacs répandaient l'odeur particulière que répand un lapin durant la digestion. Ces expériences furent répétées plusieurs fois avec des résultats semblables.

Il paraît, d'après cela, que l'énergie galvanique est capable de remplacer l'influence nerveuse, de sorte que, grâce à cette énergie, l'estomac, qui autrement serait inactif, digère les alimens comme à l'ordinaire. Je ne veux pas pourtant adopter la conséquence tirée par l'auteur, que l'identité de l'électricité galvanique et de l'influence nerveuse est établie par ces expériences. Elles montrent clairement une analogie remarquable entre ces deux forces, puisque l'une peut servir à remplacer l'autre. Un anatomiste pourrait peut-être objecter que comme l'estomac est pourvu des ramifications d'autres

nerfs, qui communiquent sous l'endroit où le Dr Philip coupe ce qu'on nomme *par vagum*, le fluide galvanique peut opérer simplement comme un stimulus puissant, qui excite ces faibles ramifications à augmenter l'action, au point de compenser le manque du nerf principal. Les expériences furent répétées sur des chiens avec des résultats semblables ; la batterie ne fut jamais assez forte pour occasioner des chocs pénibles.

La cure de la dyspnée, ainsi qu'on vient de le dire, le conduisit à essayer le galvanisme comme remède de l'asthme. En transmettant son influence de la nuque du cou au creux de l'estomac, il procura un soulagement décidé dans chacun des vingt-deux cas, dont quatre étaient de sa pratique particulière, et dix-huit appartenant à l'hôpital de Worcester. La batterie employée variait de dix à vingt-cinq paires.

Les conséquences générales qu'il a déduites de ses expériences multipliées, sont que l'électricité voltaïque est capable d'effectuer la formation des fluides sécrétés, lorsque cette électricité est appliquée au sang de la même manière que l'influence nerveuse s'y applique, et d'être l'occasion que le calorique se dégage du sang artériel. Lorsque les poumons sont privés de l'influence nerveuse, et que par là leur fonction est suspendue et même détruite, lorsque la digestion est interrompue faute de cette influence sur l'estomac, ces deux fonctions vitales sont rétablies, en exposant les organes à l'influence d'une cuve galvanique. « D'où il suit, dit-il, que le galvanisme » semble capable de remplir toutes les fonctions de l'in- » fluence nerveuse dans l'économie animale ; mais il ne » peut évidemment exciter les fonctions de la vie ani-

» male quand il agit sur des parties douées du principe » vivant. »

M. Le Gallois, physiologiste français d'un mérite éminent, a essayé de prouver que le mouvement du cœur dépend entièrement de la moelle épinière, et qu'il cesse immédiatement lorsque cette substance est enlevée ou détruite. Le D[r] Philip paraît avoir réfuté cette opinion par les expériences suivantes. On rendit des lapins insensibles par un coup sur l'occiput; on enleva ensuite la moelle épinière et la cervelle, et on entretint la respiration par des moyens artificiels; le mouvement du cœur et la circulation continuèrent comme à l'ordinaire. L'esprit-de-vin ou l'opium ayant été appliqués à la moelle épinière ou à la cervelle, le mouvement de la circulation fut accéléré.

Ces vues générales de physiologie serviront, j'espère, comme une introduction non déplacée au détail des phénomènes galvaniques observés ici (1), le 4 novembre, sur le cadavre de l'assassin Clydsdale, et nous pourrons sans doute en tirer des conséquences importantes dans la pratique.

L'individu sur lequel on a fait ces expériences était un homme de moyenne taille, âgé d'environ trente ans, de forme athlétique et musculaire. Il fut attaché au gibet presqu'une heure, et il ne fit aucun mouvement convulsif après avoir été pendu, tandis qu'un voleur exécuté en même temps que lui s'agita avec violence pendant un temps considérable. Il fut porté au théâtre anatomique de notre université, dix minutes environ après qu'on l'eut

---

(1) Dans cette salle.

détaché du gibet. Sa face avait un aspect parfaitement naturel, n'étant ni livide ni tuméfiée, et son cou n'offrait aucune dislocation.

Le Dr Jeffray, professeur distingué d'anatomie, m'avait invité, le jour précédent, à faire des expériences galvaniques. J'envoyai, le lendemain matin, à ce théâtre, ma petite batterie voltaïque, consistante en 270 paires de plaques de 4 pouces, avec des fils de communication, et des tiges métalliques à pointes, munies de poignées propres à les isoler, afin d'appliquer l'électricité d'une manière plus commode. Environ cinq minutes avant l'arrivée des officiers de police avec le cadavre, la batterie fut chargée avec de l'acide nitro-sulfurique étendu, lequel la mit promptement en état d'exercer une action intense. Les dissections furent exécutées habilement par M. Marshall, sous la direction du professeur.

1re *Expérience*. Une grande incision fut faite immédiatement au-dessous de l'occiput. On enleva ensuite avec un forceps la moitié postérieure de l'*atlas vertebra*, et on mit à nu la moelle épinière. On fit en même temps une incision considérable à la hanche gauche, à travers le grand muscle glutéal, de manière à rendre visible le nerf sciatique. On fit de plus une légère incision au talon; il ne sortit du sang nulle part. La tige pointue qui communiquait avec une extrémité de la batterie fut alors mise en contact avec la moelle épinière, tandis que l'autre tige était appliquée au nerf sciatique. Tous les muscles du corps furent à l'instant agités de mouvemens convulsifs, qui ressemblaient à un frisson violent. Le côté gauche éprouva les plus vives convulsions, à chaque renouvellement du contact électrique. En faisant mou-

voir la seconde tige, de la hanche au talon, le genou étant préalablement plié, la jambe fut lancée avec tant de violence qu'elle faillit renverser un des assistans qui essayait en vain d'en prévenir l'extension.

2e *Expérience.* On mit ensuite à nu le nerf phrénique gauche, vers le bord extérieur du muscle *sterno-thyroïdeus*, à 3 ou 4 pouces au-dessous de la clavicule; l'incision cutanée avait été faite du côté du *sterno-cleido-mastoïdœus*. Comme ce nerf va au diaphragme, et qu'il communique avec le cœur par la huitième paire, on s'attendait à ce qu'en transmettant par lui la force galvanique, on renouvellerait le jeu de la respiration. En conséquence une petite incision ayant été faite sous le cartilage de la septième côte, la pointe d'une tige isolée fut mise en contact avec le diaphragme, tandis que l'autre pointe fut appliquée au nerf phrénique du cou. Ce muscle, le principal agent de la respiration, se contracta sur-le-champ, mais avec moins de force qu'on ne s'y attendait. Comme je savais, par de nombreuses expériences sur le corps vivant, qu'on pouvait produire de plus puissans effets dans l'excitation galvanique, en laissant les tiges extrêmes communicantes parfaitement en contact avec les parties sur lesquelles on avait à opérer, tandis que, pour compléter la chaîne ou le circuit électrique, on promenait le bout des fils le long des plaques, dans la dernière cuve de l'un des poles, et qu'on plongeait tout de suite l'autre fil dans la dernière cellule du pole opposé, j'eus recours à ce procédé sans perdre de temps. Le succès en fut vraiment étonnant. A l'instant commença une forte et laborieuse respiration. La poitrine se levait et tombait; le ventre était poussé en avant, et s'affaissait ensuite; le

diaphragme se dilatait et se contractait. Tous ces mouvemens se manifestèrent sans interruption aussi longtemps que je continuai les commotions électriques.

Au jugement de plusieurs savans qui étaient témoins de la scène, cette expérience respiratoire fut peut-être la plus frappante qu'on ait jamais faite avec un appareil scientifique. Qu'on se souvienne aussi que, pendant une bonne demi-heure avant ce moment-là, le cadavre avait été à-peu-près épuisé de sang, et la moelle épinière lacérée sans ménagement. Cependant on ne pouvait apercevoir de pulsation soit au cœur, soit au poignet; mais il est permis de supposer que, si ce n'eût été l'évacuation du sang, le stimulant essentiel de cet organe, on aurait pu aussi observer ce phénomène.

3[e] *Expérience.* On mit à nu le nerf supra-orbital, à l'endroit où il sort du foramen supra-ciliaire, au sourcil; on appliqua l'une des tiges conductrices au nerf et l'autre au talon; on vit les grimaces les plus extraordinaires, chaque fois qu'on excita les commotions électriques, en promenant le fil que j'avais à la main, le long des bords de la dernière cuve galvanique, de la 220[e] à la 227[e] plaque; de cette manière, cinquante chocs, tous plus grands les uns que les autres, se succédèrent en deux secondes. Tous les muscles furent mis simultanément en action d'une manière effroyable; la rage, l'horreur, le désespoir, l'angoisse et d'affreux sourires unirent leur hideuse expression sur la face de l'assassin, surpassant de bien loin les représentations les plus épouvantables d'un Fusely ou d'un Kéan. A ce spectacle, plusieurs des spectateurs furent forcés de quitter l'appartement, à cause de leur effroi et de leur malaise, et un gentleman s'évanouit.

4e *Expérience.* La dernière expérience galvanique se fit en transmettant le fluide électrique de la moelle épinière au nerf ulnaire, qui passe par le condyle interne au coude; on vit les doigts se mouvoir avec agilité comme ceux d'un joueur de violon : un des assistans, qui essaya de tenir le poing fermé, trouva que la main s'ouvrait de force, en dépit de ses efforts. On appliqua une tige à une légère incision faite au bout du premier doigt; on avait auparavant fermé le poing; ce doigt s'étendit à l'instant, et, d'après l'agitation convulsive du bras, le mort semblait montrer au doigt les différens spectateurs, dont quelques-uns crurent qu'il était revenu en vie.

Une heure ayant été employée à ces opérations galvaniques, je me disposai ensuite à faire une expérience, dans la vue de déterminer, par un moyen simple et nouveau, la quantité d'air qui restait dans les poumons. On a essayé de bien des manières de résoudre ce problême physiologique; la grande différence des résultats obtenus par des savans distingués m'avait porté à croire que les procédés suivis jusqu'alors dans l'opération devaient avoir été plus ou moins erronés. La trachée ayant été coupée en travers au-dessous de la pomme d'Adam (*pomum Adami*), on y introduisit un court tube de laiton, et on le fixa en place avec une ficelle; on vissa dans ce tube un robinet imperméable à l'air ou hermétiquement fermé. On prit un globe de verre propre à peser les gaz; il avait 159,3 pouces cubiques de capacité; il était muni d'une virole de cuivre et d'un robinet. Après y avoir fait le vide avec une excellente machine pneumatique, et l'avoir pesé avec exactitude à une balance délicate, on le mit en communication avec le robinet de la trachée.

On fit ensuite avec dextérité une petite ouverture de chaque côté du thorax. Aussitôt qu'on eut tourné les robinets et établi la communication entre les poumons et le globe, on entendit l'air se précipiter dans le dernier avec force et avec un son bruyant; ce bruit ayant cessé, on ferma les robinets, on devissa le globe, et on le suspendit à la balance.

On trouva que l'augmentation du poids du globe était exactement de 31,8 grains. Pour s'assurer si les poumons et le tube de cuivre étaient inaccessibles à l'air, on réunit de nouveau le globe au tube, comme on avait déjà fait, et en rétablissant la communication, on entendit seulement une bouffée momentanée d'air qui entrait dans le globe; après quoi, on n'entendit plus aucun bruit d'air en mouvement, l'accroissement de poids fut seulement de 1,6 grain, quoiqu'on eût laissé la communication ouverte pendant quelque temps, et quoique le globe ne fût rempli d'air qu'aux deux tiers, ou que la tension de l'air du globe ne fût que les deux tiers de celle de l'atmosphère.

Par un examen subséquent, le volume de ces 33,4 grains d'air fut jugé être de 105,2 pouces cubiques, savoir: environ 91 d'azote mêlé avec un peu d'oxigène, et 14,2 d'acide carbonique. Il est possible qu'avant la respiration galvanique on eût trouvé plus de 13½ pour cent d'acide carbonique, quoique, suivant les expériences exactes de MM. Allen et Pepys, nous voyons que la respiration devient impossible dans un air chargé de 10 pour cent de ce gaz délétère. Par la méthode précédente, il est évident que tout l'air restant peut être extrait facilement des poumons sans faire la plus légère violence à leur tissu,

tandis qu'on évite les erreurs inévitables dans quelques-unes des premières manières d'expérimenter ; au reste, mon résultat coïncide très-bien avec celui du Dr Goodwyn, qui a trouvé 109 pouces cubiques en suivant une route différente. On doit s'attendre à des variations, à cause de la grandeur du thorax de la personne.

En réfléchissant sur les phénomènes galvaniques que nous venons de rapporter, nous sommes portés à penser que si, sans entamer et sans blesser la moelle épinière, ainsi que les vaisseaux sanguins du cou, on eût mis en jeu d'abord les organes pulmonaires, comme je le proposais, il y a quelques probabilités qu'on aurait pu restaurer la vie. Cet événement, sans doute peu desirable dans le cas d'un assassin, et peut-être contraire à la loi, aurait été cependant bien pardonnable dans une circonstance où il aurait été infiniment honorable et utile à la science. D'après les expériences exactes du Dr Philip, il paraît que l'action du diaphragme et des poumons est indispensable pour restaurer l'action suspendue du cœur et des grands vaisseaux, qui servent à la circulation du sang. Il est connu que, par suite de maladie et d'accident, on a vu des cas de léthargie, de mort apparente ou de suspension de tout mouvement vital, dans lesquels la vie est revenue après une interruption plus longue que dans l'individu qui a été le sujet des expériences précédentes. Lorsqu'une mort apparente est causée par des gaz suffocans, et qu'il n'y a point de lésion organique, il est probable qu'une expérience galvanique judicieusement dirigée pourra, si quelque chose le peut, restaurer l'activité des fonctions vitales. Les moyens adoptés jusqu'à présent, en pareil cas, pour administrer l'électricité vol-

aïque, sont, j'ose le croire, très-défectueux. Nous n'apercevons de même aucun avantage à faire passer les décharges électriques directement par le cœur et les poumons, en traversant la poitrine. Conformément aux principes si bien développés par le Dr Philip, et qui viennent d'être vérifiés sur le cadavre de Clydsdale, nous transmettrions le long du canal des nerfs cette force propre à remplacer l'influence nerveuse, cette force qui est peut-être capable d'éveiller ses facultés assoupies. Oui, sans doute, on peut former le brillant espoir de retirer du galvanisme un avantage immense, et d'élever ce merveilleux agent au rang qui lui est dû parmi les ministres de la santé et de la vie de l'homme.

Je demande toutefois la permission de suggérer un autre canal nerveux qui me semble encore plus expéditif et plus puissant que le nerf phrénique, pour l'action du cœur et des poumons. Si, comme cela se pratique fréquemment pour l'anévrysme, on fait une incision longitudinale à travers les intégumens du cou, au bord extérieur du muscle *sterno-mastoïdeus*, environ à mi-chemin entre la clavicule et l'angle de la mâchoire inférieure, alors, en retournant le bord de ce muscle, nous mettons en vue la carotide palpitante, sur l'extérieur de laquelle le *par vagum* et le grand nerf sympathique sont couchés ensemble dans une enveloppe. C'est donc en cet endroit qu'ils peuvent l'un et l'autre être directement touchés et pressés par un conducteur métallique obtus. Ces nerfs communiquent directement ou indirectement avec le phrénique, et le nerf superficiel du cœur est envoyé du sympathique.

Si toutefois on prend le nerf phrénique, celui du côté

gauche est bien préférable à l'autre. A cause de la position du cœur, le phrénique gauche diffère un peu du droit, dans son cours. Il passe sur le *pericardium*, et couvre le sommet (*apax*) du cœur.

Tandis que la pointe d'un conducteur métallique est appliquée aux cordes nerveuses décrites ci-dessus, il faut presser avec fermeté l'autre bout contre le côté de la personne, immédiatement sous le cartilage de la septième côte. Il faudrait humecter la peau avec une dissolution de sel commun, ou, ce qui vaut mieux, avec une dissolution de sel ammoniac, tiède et saturée. Par là, l'énergie électrique sera transmise avec plus de succès à travers la cuticule, de manière à compléter la chaîne voltaïque.

Pour mettre à nu les nerfs décrits ci-dessus, il ne faut pas d'incision formidable, et cela ne demande pas plus de savoir anatomique ni plus de dextérité chirurgicale que n'en doit avoir tout homme qui pratique l'art de guérir. Nous devons toujours avoir présent à l'esprit que l'individu sur lequel on expérimente est au moins insensible à la peine, que la vie est suspendue, et qu'elle est peut-être irrévocablement partie. Assurément, si nous mettons le risque et la difficulté des opérations en comparaison avec les avantages et la gloire du succès, ce risque et cette difficulté ne seront d'aucun poids pour tout être intelligent et humain. Il est possible en effet que deux petites boules de cuivre, recouvertes de drap imbibé d'une dissolution de sel ammoniac, appliquées au-dessus et au-dessous, sur le nerf et vers la région diaphragmatique, puissent suffire sans aucune opération chirurgicale. On peut d'abord en faire l'essai.

L'immersion du corps dans l'eau froide accélère grandement l'extinction de la vie, causée par suffocation; voilà pourquoi, après un intervalle considérable, l'espoir de rappeler à la vie les noyés est moins grand que quand la chaleur vitale a pu continuer avec peu d'affaiblissement. Dans de telles occasions, il ne faudrait jamais négliger aucune des précautions si judicieusement prescrites par la Société; car c'est bien sûrement un crime d'épargner toute peine qui peut le moins du monde contribuer à rappeler le souffle flottant de l'homme dans sa demeure chérie.

SUR *l'Acide hyposulfureux, et sur ses combinaisons.*

PAR J. F. W. HERSCHELL.

M. HERSCHELL a publié trois articles sur les hyposulfites, dans *The Edinburgh philosophical Journal.* I. 8. 396, et II. 154; nous en extrairons tous les résultats qui offrent quelque intérêt.

Si l'on fait bouillir pendant une heure 20 parties d'eau avec 3 de chaux éteinte et 1 de soufre, et qu'on décante le liquide pendant qu'il est chaud, on obtiendra, au bout de quelque temps, des cristaux d'une couleur orange et d'une forme aciculaire, qu'on séparera aisément, en les lavant avec de l'eau, de la plus grande partie des impuretés au milieu desquelles ils se seront

formés. On ne peut les dessécher dans l'air sans les décomposer ; mais en les exposant, dans un récipient vide, au pouvoir absorbant d'une grande surface d'acide sulfurique, on les prive de toute humidité adhérente, et ils sont alors permanens dans l'air ordinaire.

L'eau froide dissout très-peu de ces cristaux ; la dissolution a une couleur jaune de vin et une saveur âcre, amère et sulfureuse : l'eau chaude en dissout une beaucoup plus grande quantité ; mais elle ne laisse rien déposer par le refroidissement, à moins qu'on n'y ajoute de la chaux ou quelque autre corps en poudre fine. La figure des cristaux obtenus, en laissant pendant un mois sur de la chaux une dissolution faite par le moyen de la chaleur, est celle de prismes quadrilatères un peu allongés, terminés par des sommets dihèdres. Il ne m'a pas été possible d'en obtenir de suffisamment purs pour une analyse exacte ; de sorte que les résultats suivans ne doivent être regardés que comme une approximation :

Chaux,	42,9 ;
Soufre,	26,0 ;
Hydrogène,	0,64 ;
Eau,	30,5.

En proportions définies, le sel serait composé de :

2 atomes de chaux ;
1 atome d'hydrogène bisulfuré ;
4 atomes d'eau ;

et les résultats correspondans aux précédens qu'on en déduit sont :

Chaux,	45,04;
Soufre,	25,37;
Hydrogène,	0,84;
Eau,	28,75.

Lorsqu'on décompose ces cristaux par l'acide hydrochlorique, il se dégage du gaz hydrogène sulfuré, et il se précipite une quantité de soufre justement égale à celle contenue dans l'hydrogène sulfuré.

En faisant passer un courant de gaz sulfureux dans de l'hydrosulfate de chaux ou dans la lessive obtenue en faisant bouillir de l'eau avec de la chaux et du soufre, tout l'acide sulfureux se change en acide hyposulfureux, et il ne reste en dissolution que de l'hyposulfite de chaux.

Pour obtenir ce sel cristallisé, il ne faut pas évaporer sa dissolution à une température supérieure à 60°; car, lorsqu'elle serait concentrée à un certain point, elle se décomposerait rapidement en soufre et en sulfite de chaux. Ses cristaux sont très-beaux: leur forme principale est celle d'un prisme hexaèdre dont deux faces sont ordinairement beaucoup plus petites que les quatre autres: leurs angles d'inclinaison sont de 141° 39′, 110° 45′ et 107° 36′.

L'eau à 3° en dissout à-peu-près son poids: il ne s'altère pas à l'air; mais, dans le vide desséché par l'acide sulfurique, ou dans l'air échauffé à 40°, il se couvre d'une croûte blanche comme le phosphate de soude, sans perdre sa forme.

Ce sel, pour un atome de chaux, renferme un atome

d'acide hyposulfureux et 6 atomes d'eau. La proportion de ses élémens pour 100 parties est de :

Chaux,	21,71 ;
Acide,	36,71 ;
Eau,	41,58.

L'hyposulfite de potasse est très-soluble et déliquescent ; il cristallise en aiguilles déliées.

On n'obtient pas facilement l'hyposulfite d'ammoniaque en cristaux réguliers ; lorsque sa dissolution est très-concentrée, elle se prend en une masse molle de très-petites aiguilles.

La manière la plus facile de préparer l'hyposulfite de strontiane est aussi de faire passer un courant de gaz sulfureux dans la dissolution du sulfure de strontiane. En l'évaporant, il ne se décompose pas comme l'hyposulfite de chaux, ou au moins qu'à un très-faible degré. Ses cristaux sont des rhomboïdes aplatis. Les angles plans des plus grandes faces sont d'environ 64°45′ et 115° 15′ ; ceux formés par les faces de 76° 36′, 96° 45′ et 97° 13′. Il jouit de la double réfraction. Il est soluble dans environ quatre fois son poids d'eau à 13°, et dans 1 $\frac{3}{4}$ d'eau bouillante.

On obtient très-promptement l'hyposulfite de magnésie en faisant bouillir du sulfite de magnésie avec des fleurs de soufre : quoique très-soluble, il ne paraît pas déliquescent.

L'hyposulfite d'alumine n'a pu être obtenu en versant de l'oxalate d'alumine dans de l'hyposulfite de chaux : les deux sels étaient parfaitement neutres, et cependant il ne s'est fait aucun précipité.

On prépare l'hyposulfite de cuivre en faisant digérer de l'hyposulfite de chaux sur du carbonate de cuivre, ou en le mêlant avec du sulfate de cuivre. Il est incolore, et l'ammoniaque ne le fait point devenir bleu, pourvu qu'il n'ait pas le contact de l'air : le cuivre est par conséquent, dans ce sel, à l'état de protoxide.

En versant une dissolution de nitrate de plomb dans celle d'hyposulfite de chaux, il se fait un précipité d'hyposulfite de plomb dont les premières portions se redissolvent par l'agitation, mais qui devient très-abondant à mesure que l'on approche de la saturation. L'hyposulfite de plomb est peu soluble; 3266 parties d'eau n'en dissolvent qu'une. Chauffé à la température de l'eau bouillante, et même au-dessous, il devient noir; si la température est plus élevée, il prend feu et brûle avec une flamme faible. Exposé à la chaleur dans une retorte, il donne de l'acide sulfureux, et il se change en une poudre brillante, noire, qui est un sulfure d'oxide.

Le nitrate d'argent produit dans l'hyposulfite de chaux un précipité noir composé de sulfure et d'hyposulfite d'argent, et l'on trouve dans la liqueur de l'acide sulfurique. On obtient l'hyposulfite d'argent en lavant le précipité et le traitant par l'ammoniaque, qui dissout seulement l'hyposulfite; la liqueur, étant ensuite neutralisée exactement avec de l'acide nitrique faible, l'abandonne sous la forme d'une poudre d'un blanc de neige.

Ce sel est un peu soluble dans l'eau; sa saveur est sucrée; il se décompose spontanément avec beaucoup de rapidité, en exhalant de l'acide sulfureux, et se change

en sulfure, ou plus probablement en sulfure d'oxide, comme le sulfure de plomb (1).

L'oxide rouge de mercure se dissout promptement dans l'hyposulfite de soude, et en sépare l'alcali. La dissolution ne tarde pas à se troubler par le repos, et dépose du cinabre en abondance.

Le chlorure d'argent récemment préparé est soluble dans tous les hyposulfites, et particulièrement dans celui de soude. La saveur de cette dernière dissolution est très-douce, et surpasse même celle du miel, sans avoir rien de métallique. Nouvellement filtrée, elle est sans couleur; mais avec le temps elle se trouble, et dépose un sédiment brun dont on peut retarder la formation, sinon la prévenir entièrement, en étendant d'eau la dissolution. Elle n'est point précipitée par le carbonate de soude et le ferrocyanate de potasse : le zinc en précipite l'argent à l'état métallique.

Le chlorure de plomb se dissout aussi dans les hyposulfites, mais moins abondamment que le chlorure d'argent.

Les hyposulfites paraissent avoir une grande tendance à former entre eux des sels doubles. Si l'on verse de la potasse ou une dissolution concentrée de son carbonate ou de tout autre de ses sels, dans la dissolution d'hyposulfite de soude chargée de chlorure d'argent, il se fait un précipité abondant, en petites écailles nacrées, semblables à celles de l'acide borique. Ces cristaux sont de l'hyposulfite de potasse et d'argent; ils se dissolvent dans

---

(1) Cela nous paraît très-peu probable. R.

une grande quantité d'eau, et ont une saveur très-douce.

En évaporant à une douce chaleur la dissolution du chlorure d'argent dans l'hyposulfite de soude, on obtient des plaques minces, soyeuses, réunies en touffes, et mêlées avec une grande quantité de sulfure d'argent. Ces cristaux sont de l'hyposulfite de soude et d'argent : leur saveur est très-sucrée, et ils se dissolvent aisément dans l'eau. Leur eau-mère, après une légère évaporation, a donné des petits cristaux durs et brillans en prismes aplatis, terminés par des sommets dihèdres : j'en ai obtenu trop peu pour en faire l'analyse.

L'hyposulfite d'ammoniaque et d'argent s'obtient en dissolvant le chlorure d'argent dans l'hyposulfite d'ammoniaque, et en ajoutant de l'alcool à cette dissolution ; il se précipite un sel blanc que l'on presse fortement entre du papier non collé, et on le sèche dans le vide. Sa solubilité dans l'eau est très-grande ; sa saveur sucrée n'est point mêlée avec une autre ; elle est si forte qu'elle en est désagréable : une partie de ce sel suffit pour donner une saveur sensible à 32000 parties d'eau. En évaporant sa solution alcoolique, on obtient quelquefois des lames minces en hexagones allongés, qui se conservent sans altération.

Si, lorsque l'hyposulfite d'ammoniaque refuse de dissoudre le chlorure d'argent, on ajoute une nouvelle quantité de ce dernier, il est converti rapidement en une poudre blanche cristalline, se dissolvant extrêmement peu dans l'eau, mais en très-grande quantité dans l'ammoniaque, d'où on peut la précipiter par un acide avec toutes ses propriétés. La première combinaison m'a

paru formée de deux atomes d'hyposulfite d'ammoniaque et de un atome d'hyposulfite d'argent. D'après cela, il est très-probable que la dernière contient un atome de chaque sel. Avec l'hyposulfite de chaux et le chlorure d'argent on obtient deux combinaisons analogues aux précédentes. L'argent et la strontiane ne paraissent former qu'un seul hyposulfite.

J'ai essayé d'isoler l'acide des hyposulfites, et quoique les expériences que j'ai faites n'aient pas eu un plein succès, elles n'ôtent pas toute espérance d'y parvenir.

Je mêlai à une dissolution étendue d'hyposulfite de strontiane de l'acide sulfurique en léger excès, et après avoir bien agité le mélange, je le divisai en 3 parties, qui furent versées chacune sur un filtre particulier.

La première fut reçue dans du carbonate de potasse, et n'y produisit aucun précipité; ce qui prouve que toute la strontiane avait été séparée par l'acide sulfurique. Le liquide, neutralisé par l'acide acétique, se comporta avec les réactifs comme une solution d'hyposulfite de potasse.

La seconde portion, reçue successivement dans les nitrates d'argent et de mercure, précipita abondamment les métaux à l'état de sulfure; mais elle ne produisit aucun effet dans les dissolutions de cuivre, de zinc et de fer.

La troisième portion avait une saveur acide, astringente et très-amère. Récemment filtrée, elle était limpide; mais elle devint laiteuse par le repos, déposa du soufre et exhala de l'acide sulfureux.

Ces résultats, nous montrant l'acide des hyposulfites dans un état d'isolement, confirment l'opinion de M. Gay-Lussac sur la constitution de ces composés, mais ils ne sont point favorables à celle de M. Berthollet, qui les

considérait originairement comme des sulfites combinés avec du soufre, et encore moins à celle de M. Ampère, qui les regarde comme des sulfites de sulfure.

Note du Rédacteur. A la suite des recherches de M. Herschell, qui renferment plusieurs faits intéressans, j'ajouterai quelques observations que je tirerai du *Mémoire sur les Sulfites sulfurés*, que j'avais lu à la Société philomatique, dans sa séance du 10 décembre 1814.

J'avais trouvé que l'hyposulfite de strontiane était formé d'un atome ou proportion de base, de 2 atomes de soufre, 2 d'oxigène et 5 d'eau, et j'avais conclu de cette analyse la proportion des élémens de l'acide hyposulfureux.

Les essais nombreux que j'avais faits pour isoler cet acide ne m'avaient pas donné des résultats plus satisfaisans que ceux de M. Herschell. On obtient bien des indices certains de la séparation de l'acide hyposulfureux; mais il se décompose si promptement, qu'il ne peut exister qu'en très-petite quantité à l'état de liberté, et qu'il n'est même jamais pur. Persuadé que l'insolubilité du soufre et l'élasticité de l'acide sulfureux sont les principales causes de sa décomposition, j'ai employé un dissolvant commun au soufre et à l'acide sulfureux. J'ai décomposé l'hyposulfite de strontiane par l'acide hydrochlorique dissous dans l'alcool; mais le liquide s'est troublé très-promptement, en exhalant une odeur sulfureuse. Le même sel bien desséché, décomposé sur le mercure par le gaz hydrochlorique, a donné aussi presque à l'instant du gaz sulfureux. Plusieurs autres essais n'ont pas été plus satisfaisans; cependant je n'ai

pas employé les huiles essentielles, qui sont de bien meilleurs dissolvans du soufre que l'alcool. Ainsi, quoiqu'on ne puisse nier l'existence d'un acide particulier dans les hyposulfites, on ne l'a pas encore isolé et obtenu à l'état de pureté.

Le sel que M. Herschell a découvert en faisant bouillir de l'eau avec de la chaux et du soufre est très-remarquable. En m'occupant des hyposulfites, j'en avais obtenu un tout-à-fait semblable en laissant à l'air une dissolution de sulfure de strontiane. Ses cristaux, d'une couleur d'un rouge brun foncé, m'avaient paru rhomboïdaux; ils étaient très-solubles dans l'eau, et même dans l'alcool. L'acide hydrochlorique en dégageait de l'acide hydrosulfurique, et en séparait du soufre. L'analyse m'ayant démontré que le soufre précipité était égal à celui contenu dans l'acide hydrosulfurique, je n'avais pas hésité à regarder les cristaux que j'avais obtenus comme étant analogues aux hyposulfites; et dans le Mémoire cité, j'ai émis l'opinion que les hydrosulfures sulfurés sont formés par un acide particulier analogue à l'acide hyposulfureux. Cet acide est sans doute le soufre hydrogéné de M. Berthollet; car ce dernier composé se combine avec les alcalis, et les convertit en hydrosulfures sulfurés; mais j'avais desiré en faire l'analyse avant de publier mon travail, et c'est la cause pour laquelle il ne l'a pas encore été.

Quoi qu'il en soit, les hydrosulfures sulfurés sont de véritables sels analogues aux hyposulfites, et c'est ainsi que je les présente depuis quelques années dans le cours de chimie que je fais à l'Ecole polytechnique. Le véritable nom qui conviendrait à ces combinaisons, s'il était

d'une prononciation plus agréable, serait *hypo-hydro-sulfates*.

Enfin, dans le même Mémoire cité, je faisais voir que l'acide hydrosulfurique formait deux combinaisons distinctes avec les alcalis, comme l'acide carbonique, et qu'on devait distinguer des hydrosulfates et des bi-hydrosulfates. G.-L.

EXAMEN *de quelques composés qui dépendent d'affinités très-faibles.*

PAR J. BERZELIUS.

(Traduit du *Journal philosophique* d'Edimbourg, I. 65, par M. ANATOLE-RIFFAULT.)

TANT que nous ne portons notre attention que sur les combinaisons qui doivent leur existence à de très-fortes affinités chimiques, nous remarquons une simplicité frappante et une constante analogie dans leur composition ; mais si nous commençons l'examen de ceux des composés qui résultent d'affinités faibles, nous trouvons qu'à mesure que nous y procédons, le nombre des modes de combinaison continue à s'accroître ; elles deviennent de plus en plus compliquées et difficiles. Les sels formés par l'union d'acides puissans avec les bases salifiables, appartiennent à la première de ces classes ; tandis qu'une grande partie des productions du règne minéral, où les corps légèrement électro-négatifs jouent le rôle d'acide, doit être rangée dans la seconde. Cette classe comprend

encore quelques autres combinaisons très-faibles, celles particulièrement qui ont lieu entre des molécules composées du second ou du troisième ordre, et qui forment des sels à double, quelquefois même à triple base. Il est suffisamment établi que l'affinité chimique diminue rapidement à mesure que le nombre des atomes qui entrent en combinaison augmente; ainsi, l'affinité des molécules composées du premier ordre est beaucoup plus faible que celle des corps élémentaires, et la différence entre l'affinité des molécules du second ordre et celle des molécules du premier ordre est encore incomparablement plus grande : or, c'est précisément l'étude de ces affinités décroissantes qui doit être aujourd'hui l'objet principal de la chimie minéralogique, et sans elle cette science ne pourra jamais atteindre à un plus haut degré de perfection. Les tentatives qu'on a faites pour démontrer que les combinaisons qui constituent les minéraux ont été formées d'après les mêmes lois qui déterminent, dans nos laboratoires, l'union des substances élémentaires, ont été couronnées d'un succès assez complet pour écarter toute espèce de doute concernant la justesse de ce principe; mais afin de rendre conformes à ces lois les résultats de beaucoup d'analyses minérales, les partisans de cette opinion ont été obligés d'admettre des modes de combinaison nouveaux, et auxquels les travaux de nos laboratoires ne présentent rien d'analogue; et l'on a trouvé qu'en général les composés du règne minéral consistent en un plus grand nombre de molécules qu'il n'est en notre pouvoir d'en réunir artificiellement. Ce n'est point parce que les affinités faibles sont inertes dans nos expériences, que nous sommes inca-

pables de former de pareilles combinaisons ; mais c'est qu'elles sont détruites par les forces plus énergiques auxquelles nous sommes obligés d'avoir recours pour obtenir les corps à l'état isolé. On n'a fait jusqu'à présent que peu de tentatives pour produire artificiellement des composés analogues aux minéraux. Je suis néanmoins pleinement convaincu que l'on réussira dans ces essais au-delà de ce que l'état présent de la chimie permet d'espérer.

Dans mes expériences sur la composition de la silice (*Afhandl. i Fysik, Kemi, etc.*, tom. V, p. 500), j'ai fait voir que si l'on fait un mélange d'alumine, de silice et d'un excès de carbonate de potasse, qu'on le chauffe dans un creuset de platine jusqu'à maintenir pendant quelque temps la masse à l'état de fusion, on obtient une masse saline dont l'eau ne dissout qu'une portion, laissant l'autre sous forme d'une poudre blanche qu'on pourrait appeler *feldspath* avec excès de base. Cette poudre est composée de silice, d'alumine et de potasse, dans des proportions telles que l'alumine contient trois fois l'oxigène de la potasse, et la silice une quantité d'oxigène égale à celles réunies des deux bases. Cette substance étant alors en réalité un feldspath privé des deux tiers de la silice, il existe entre ces deux corps la même analogie qu'entre le sulfate neutre d'alumine et le sous-sulfate; et il est évident, d'après le procédé même de sa préparation, qu'elle doit contenir un excès de ses bases. D'un autre côté, si l'on sature une portion de potasse caustique avec de l'alumine pure, et une autre portion avec de la silice; que l'on verse goutte à goutte la première de ces dissolutions dans la seconde, sans

cependant précipiter toute la silice, on obtiendra un précipité abondant, formé d'alumine et de potasse dans le même rapport entre elles que dans le composé précédent, mais unies à une quantité double de silice; en d'autres termes, la silice contient deux fois l'oxigène existant dans les deux bases; et cette composition est exactement celle de l'idocrase. Je n'ai point encore essayé de produire du feldspath par des moyens artificiels; mais j'ai lieu de croire qu'on pourrait y parvenir en faisant digérer le précipité dont il s'agit dans une dissolution de potasse dans l'eau (1). Il est bien évident que les connaissances minéralogiques acquerraient un bien

---

(1) Ceci demande explication. J'ai montré (*Afh. i. Fys. Kem.*, *etc.*, t. V, p. 499) que si l'on fait absorber à de l'acide borique cristallisé une certaine quantité d'acide fluosilicique, et qu'on enlève ensuite ces acides au moyen d'un grand excès d'ammoniaque caustique, la silice restante est visiblement soluble dans l'eau, et diminue évidemment par les lavages. On ne peut trouver dans l'eau aucune trace d'acide borique ou d'acide fluorique, et l'eau qui la tient en dissolution n'agit point sur les couleurs végétales. La silice ne perd point sa solubilité par l'ébullition; mais quand elle a été évaporée à siccité, elle ne se redissout plus. Ainsi, en mettant en contact, dans un vaisseau rempli d'eau saturée de silice, deux petites capsules contenant, l'une de l'idocrase artificielle, et l'autre de la silice, dans un état propre à la dissolution, on peut présumer que la première serait changée en feldspath, puisque la silice qu'elle enlèverait à l'eau serait continuellement remplacée par celle de l'autre capsule.

plus haut degré de certitude si nous pouvions confirmer, par la synthèse, les résultats de nos analyses.

Dans plusieurs silicates doubles, on trouve un ou deux des silicates composans, saturés de silice à un plus haut degré que l'autre. Ainsi, par exemple, l'émeraude, dans laquelle la glucine contient une quantité de silice double de celle qui est combinée avec l'alumine, est composée de $\dddot{Be}\,\dddot{Si}^4 + 2\dddot{Al}\,\dddot{Si}^2$. Dans l'apophyllite, la potasse est combinée avec une dose de silice double de celle qui est unie à la chaux; car on a $\ddot{K}\,\dddot{Si}^4 + 8\,\ddot{Ca}\,\dddot{Si}^2$ (1); et ce serait un cas semblable si l'on trouvait une combinaison formée d'un sulfate acide avec un sel neutre, ou d'un sulfate neutre avec un sous-sulfate. Cependant la

---

(1) M. Berzelius est généralement connu pour avoir démontré que (à l'exception des substances ayant pour base l'azote ou le phosphore) *dans tout composé chimique, dont chacun des ingrédiens contient de l'oxigène, sa quantité dans l'un d'eux est constamment une* partie aliquote *de celle contenue dans chacun des autres.* D'après ce principe, combiné avec la théorie atomique, dont il est une extension de la plus haute importance pour la science de la chimie, M. Berzelius a proposé une méthode nouvelle et expéditive pour représenter la composition des corps. Il désigne chaque radical ou substance élémentaire, par la lettre initiale de son nom latin, et des points placés au-dessus indiquent le nombre de proportions d'oxigène qu'il contient. Ainsi, la formule $\dddot{Be}\,\dddot{Si}^4 + 2\dddot{Al}\,\dddot{Si}^2$ signifie que (1 atome de beryllium (*glucinium*) avec 3 proportions d'oxigène, ou) 1 atome de glucine forme un composé avec (4 atomes de silicium,

classe des sels doubles, formés par les acides puissans, n'a pas jusqu'ici présenté l'exemple de pareilles combinaisons. Il s'ensuit donc évidemment que la découverte d'un sel double analogue à ceux-ci, et qu'on pourrait former dans les laboratoires, serait d'une grande importance, par l'appui qu'il prêterait aux idées que l'on s'est faites sur ces sortes de combinaisons, et aux formules par lesquelles on les exprime.

Les sels doubles artificiels ne contiennent ordinairement que deux sels, qui ont la base ou l'acide communs. Nous n'avons jusqu'à ce jour découvert qu'un seul sel formé de trois sels différens; on l'obtient en saturant d'ammoniaque l'acide triple, composé des acides hydrochlorique, carbonique et sulfureux, et encore la nature de ce sel triple est-elle incertaine, à cause des discussions entamées sur la nature de son acide. Dans le règne minéral, au contraire, on trouve un grand nombre de silicates avec triple et quadruple base. Il est clair que si

---

dont chacun contient 3 atomes d'oxigène, ou) avec 4 atomes de silice; que (1 atome d'aluminium avec 3 d'oxigène, ou) (1 atome d'alumine) forme un composé avec 2 atomes de silice; et enfin, que le premier de ces composés s'unit avec 2 proportions du dernier pour constituer l'émeraude. La seconde formule $\ddot{K}\,\dddot{Si}^4 + 3\,\ddot{Ca}\,\dddot{Si}^2$ exprime que (1 atome de kalium (*potassium*) avec 2 d'oxigène, ou) 1 atome de potasse se combine avec 4 atomes de silice; que (1 atome de calcium avec 2 d'oxigène, ou) 1 atome de chaux s'unit avec 2 atomes de silice; et que la première de ces substances est unie, dans l'apophyllite, à huit fois la seconde.

Trad[r].

ces sels ne sont point, dans le fait, de simples mélanges, on doit les regarder comme formés de deux autres, dont chacun peut être décomposé, à son tour, en deux autres, et réduit ainsi à ses simples élémens. Il s'ensuit donc qu'un sel triple de cette espèce doit être composé, soit de deux sels doubles ayant une base commune, soit d'un sel double combiné avec une ou plusieurs molécules d'un sel simple; et pour généraliser davantage, qu'il doit être formé de deux corps composés du troisième ordre, ou d'un corps composé du troisième ordre et d'un autre du second; mais nous ne savons pas encore aujourd'hui jusqu'à quel nombre peuvent s'élever les ordres des atomes composés, ou combien d'atomes du second ordre peuvent se réunir ensemble dans la même combinaison.

Il se présente encore, dans ces sortes de composés, une autre circonstance relativement à laquelle nous n'avons aucune certitude, et où l'un des ingrédiens n'entre qu'en très-petite quantité; il en est ainsi, par exemple, de la plombagine, dans laquelle une molécule de fer est unie avec environ 200 de carbone. Il est très-difficile, dans ces cas, de distinguer le mélange d'une substance étrangère d'avec une véritable combinaison. Dans les expériences analytiques sur les minéraux, on regarde généralement comme accidentels les corps qui se trouvent en si petite quantité; et quoique ce principe puisse quelquefois conduire à des résulats erronés, il est prudent de l'admettre dans tous les cas où son inexactitude n'a pas un certain degré de probabilité; puique, sans une semblable ressource, nos recherches seraient enveloppées de difficultés infinies. Quand nous aurons acquis

une connaissance générale du sujet, il sera plus aisé de rectifier les erreurs partielles qui auront pu se glisser dans les cas particuliers.

Examen d'un carbonate double à base de potasse et de magnésie. L'acide carbonique ressemble beaucoup à la silice, à l'oxide de tantale et à celui de titane, par la faiblesse de ses affinités, et par une tendance plus forte que celle des acides puissans à former des composés analogues à ceux de la silice. Le sel double que nous allons décrire en est la preuve. Ayant mêlé une dissolution de bicarbonate de potasse (en léger excès) avec une solution de muriate de magnésie, il ne se produisit point de précipité; mais, au bout de quelques jours, on trouva au fond et contre les parois du vaisseau un sel qui s'était déposé de lui-même en groupes cristallisés. Ce sel, aussitôt qu'il eut été séparé du liquide, n'avait aucune saveur; mais, dans peu d'instans, il devint alcalin. Il semblait, au premier abord, insoluble dans l'eau pure; mais, au bout de quelque temps, il s'y réduisit en poudre, et l'eau se chargea de carbonate de potasse, laissant du carbonate de magnésie indissous. Chauffé à la température de l'ébullition, ce sel perdit son eau de cristallisation, devint opaque et d'un blanc laiteux, mais sans changer de forme. A une température plus élevée, il se ramollit et se souleva en grosses bulles qui dégageaient de l'acide carbonique. Par la calcination, il entra en demi-fusion, et acquit une saveur fortement alcaline.

L'analyse de ce sel fut faite de la manière suivante: on l'introduisit dans une ampoule de verre formée à l'extrémité d'un tube barométrique. On avait pris le poids de l'ampoule vide; et son poids, après qu'elle eut

été remplie, indiquait la quantité de sel qu'elle contenait. On ramollit ensuite le tube à un pouce environ de distance de l'ampoule, et on le tira en une pointe très-fine qui fut en même temps recourbée de manière à donner à l'appareil la forme d'une cornue. Au moyen d'un tube de gomme élastique, il fut fixé à un petit récipient fait pareillement à la lampe à émailleur. Ce récipient était aussi terminé en un tube effilé, et communiquait par un tube élastique, avec un récipient un peu plus grand, rempli de muriate de chaux desséché. Les poids de ces deux récipiens avec leurs tubes étaient connus. On chauffa alors le sel dans l'ampoule, à la flamme d'une lampe à esprit-de-vin, et l'on continua la chaleur de manière à maintenir toute la masse au rouge pendant un quart d'heure. Par ce moyen, on dégagea du sel toute l'eau et une portion d'acide carbonique. L'eau fut retenue dans l'appareil, tandis que l'acide carbonique s'échappa dans l'air. Pour déterminer avec toute l'exactitude possible la quantité de cette eau, on coupa avec un diamant le col de la petite cornue, on fit sortir l'acide carbonique qui restait dans l'appareil, à l'extrémité du récipient, et l'on pesa les deux récipiens avec le segment du tube. Couper le tube est une précaution indispensable, parce que la petite goutte d'eau qui y adhère toujours à l'extrémité qui entre dans le récipient, échapperait sans cela à notre calcul. Le segment du tube fut ensuite détaché, séché et pesé de nouveau. La différence entre son poids et celui obtenu en dernier lieu indiqua ce que les deux récipiens avaient gagné par l'addition de l'eau: 100 parties de sel produisirent, de cette manière, 31,24 p. d'eau. Ayant pesé et calciné au rouge, dans un creuset

de platine, 100 autres parties du même sel, elles laissèrent un résidu salin à moitié fondu, de 42,62 parties. L'eau froide versée sur ce résidu en séparait du carbonate de potasse, et laissait de la magnésie caustique. Ce dernier produit, recueilli sur un filtre, lavé, séché et chauffé au rouge, pesait 15,74 parties. Le liquide alcalin des eaux de lavage fut saturé par l'acide muriatique, dans un appareil propre à éviter toute perte qu'aurait pu produire l'effervescence; la liqueur, évaporée ensuite et soumise à l'action d'une chaleur continue, produisit 29,48 parties de muriate de potasse. L'eau qu'on versa sur cette masse forma une solution trouble dans laquelle une goutte ou deux de potasse caustique précipitèrent encore une petite quantité de magnésie qui, recueillie, lavée et chauffée au rouge, pesait 0,25. Conséquemment la quantité totale de magnésie s'élevait à 15,99 parties. Mais comme les 0,25 de magnésie étaient principalement du muriate de cette base, il faut déduire 0,58 des 29,48 parties de muriate de potasse trouvées; la véritable quantité de ce sel est donc de 28,9 parties, contenant 18,28 de potasse pure.

L'analyse de ce sel double donne donc :

Potasse,	18,28;
Magnésie,	15,99;
Acide carbonique (1),	34,49;
Eau,	31,24.
	100,00.

(1) En y comprenant une petite perte qu'il n'a pas été possible d'éviter.

Il ne suffit pas, pour bien apprécier ce résultat, de connaître la composition de la magnésie ; mais il faut encore que celles du carbonate de magnésie cristallisé et du bicarbonate de potasse cristallisé soient connues avec autant d'exactitude que nous avons celle de l'acide carbonique ou de la potasse. Par quelques expériences, que je publiai, il y a six ans, sur la composition de la magnésie, j'ai trouvé qu'elle contient de 38,8 à 39,8 pour cent d'oxigène ; mais comme une différence de 1 pour cent est trop grande pour pouvoir être attribuée à une erreur ordinaire d'observation, je me déterminai à examiner de nouveau cette question, et à apporter, s'il était possible, encore plus d'exactitude dans les résultats. La méthode qu'on emploie ordinairement est très-simple ; on dissout, dans l'acide sulfurique pur et étendu, un poids donné de magnésie pure ; on évapore à siccité le sel obtenu, on le fait rougir et on le pèse.

Ayant déjà eu l'occasion de remarquer plusieurs fois, en analysant des minéraux, que la magnésie est douée, pour la silice, d'une très-forte affinité, et que la magnésie reprise de l'acide sulfurique par l'acide muriatique, et évaporée, en abandonne toujours, avant la dessication, sous forme gélatineuse ; je pensai qu'il était indispensable de préparer, pour ces expériences, de la magnésie, par une méthode qui pût tout-à-fait rassurer sur sa pureté et son isolement de la silice. Je fis en conséquence dissoudre un peu de sulfate de magnésie, et j'y ajoutai d'abord quelques gouttes d'ammoniaque caustique, puis un peu d'oxalate d'ammoniaque ; la dissolution conserva toute sa transparence. Je la précipitai alors par une dissolution bouillante de carbonate de potasse pur ; le pré-

cipité, après avoir été soigneusement lavé, fut dissous dans de l'eau fortement chargée d'acide carbonique; et cette dissolution filtrée fut tenue en ébullition pendant quelque temps, jusqu'à ce qu'elle eut de nouveau déposé sa magnésie. 10 grammes de magnésie caustique purifiée par ce procédé ayant été dissous dans l'acide sulfurique étendu, évaporés à siccité et le résidu maintenu dans un creuset de platine, à une chaleur rouge pendant un quart d'heure, à l'aide d'une lampe à esprit-de-vin, m'ont produit 29gr.,3985 de sulfate de magnésie, qui se dissolvait dans l'eau sans laisser aucun résidu appréciable.

Dans plusieurs expériences faites avant que j'eusse adopté ce mode de purification de la magnésie, 100 parties de magnésie caustique donnaient constamment 29,32 parties de sulfate de magnésie; mais le sel obtenu laissait toujours, après sa dissolution dans l'eau, un résidu consistant en magnésie mêlée avec une quantité notable d'oxalate de manganèse.

D'après l'expérience que je viens de rapporter, 100 p. d'acide sulfurique sont saturées par 51,55 de magnésie, qui par conséquent doivent contenir 19,954 d'oxigène; mais 51,55 : 19,954 :: 100 : 38,708; ce qui se rapproche beaucoup du résultat de mes premières expériences, dans lesquelles j'avais trouvé 38,8 d'oxigène.

L'expérience qui, dans ma première recherche, m'avait donné 39,8 parties d'oxigène, consistait à décomposer par le muriate de baryte un poids donné de sulfate de magnésie. Je crus que cette analyse méritait d'être répétée, et, dans cette vue, je fis usage du sulfate de magnésie pur obtenu par l'expérience précédente. Je

trouvai, à ma grande surprise, que non-seulement le précipité indiquait une plus grande quantité d'acide sulfurique que le sel n'en devait contenir; mais encore que la quantité de ce précipité était sujette à variation dans les différentes expériences. 10 gr. de sulfate de magnésie devaient produire 19,2 de sulfate de baryte; tandis que j'obtins de 19,64 à 19,81 gr. Ayant répété quatre fois cette expérience avec toutes les précautions nécessaires, je commençai à soupçonner que le sulfate de baryte n'avait pas été suffisamment lavé; je continuai donc à le purifier jusqu'à ce que les eaux de lavage eussent tout-à-fait cessé de se troubler par l'addition d'acide sulfurique. En répétant une fois de plus cette expérience, je pris quelques gouttes d'eau de lavage ne contenant plus de baryte, et les fis évaporer dans une petite capsule de platine, méthode que j'emploie quelquefois pour reconnaître si un précipité a été suffisamment lavé. Il resta un dépôt visible. Ayant essayé les eaux de lavage par le nitrate d'argent, j'y découvris la présence de l'acide muriatique; je continuai alors de laver le précipité en y ajoutant, de demi-heure en demi-heure, de l'eau bouillante pendant quatre jours de suite, l'effet du nitrate d'argent fut constamment le même, et comme si l'eau se fût chargée d'un muriate peu soluble. Je fis évaporer une grande quantité d'eau, et j'obtins un petit résidu qui, après avoir été soumis à l'action d'une chaleur soutenue, perdit la faculté de se dissoudre, et que je reconnus être de la magnésie. Il se dépose donc avec le sulfate de baryte, et, en vertu de l'affinité chimique, une petite quantité de muriate de magnésie que l'on ne peut séparer en totalité par l'eau. Après m'être assuré de ce fait, j'en-

levai le précipité de sulfate de baryte de dessus le filtre, je le mis en digestion dans l'acide muriatique, je filtrai et je lavai de nouveau : l'excès d'acide muriatique eut bientôt disparu, et le liquide, qui passa ensuite, continuait à précipiter le nitrate d'argent tout aussi faiblement qu'avant l'addition d'acide muriatique. Ayant enfin desséché et chauffé au rouge le précipité, je trouvai qu'il pesait 19,44 gr.; ce qui est 0,236 gr. de plus que je ne devais obtenir. Cela prouve, en tout cas, que, par le mode d'analyse dont il s'agit, on ne peut obtenir aucun résultat qui mérite confiance.

J'ai observé plusieurs fois que lorsqu'on mêle le sulfate d'une faible base avec le muriate de baryte, une partie de cette base se précipite en même temps que la baryte, et dans un état de combinaison tel qu'elle n'en est plus séparable, même par un excès d'acide. Ainsi, par exemple, si l'on mêle du sulfate de fer ou de cuivre avec du muriate de baryte, le sulfate de baryte obtenu devient, par la calcination, d'un jaune rougeâtre, dans le premier cas, et jaune verdâtre dans le second; avec le sulfate de cobalt il passe au rougeâtre. Dans tous ces cas, il faut commencer par enlever l'oxide si l'on veut découvrir la quantité exacte d'acide sulfurique. C'est un fait bien connu, que les oxides d'or et de platine sont précipités en entier par l'addition de muriate de baryte à un mélange de leurs dissolutions et d'acide sulfurique. Je ne sais point quelle est la nature de l'affinité en vertu de laquelle le sulfate de baryte entraîne ces oxides avec lui; je n'ose même hasarder aucune hypothèse sur la nature de leur union; mais il ne paraît pas improbable que plusieurs substances, qu'on regarde en

minéralogie comme accidentelles, aient eté introduites par une affinité semblable.

Mais revenons de cette digression à l'examen de l'analyse de notre sel double : — J'ai dit qu'il fallait pareillement connaître la composition du carbonate neutre de magnésie. Je me procurai ce sel en abandonnant à l'évaporation spontanée une dissolution de magnésie dans l'acide carbonique liquide ; le carbonate se déposa de lui-même au fond et sur les parois du vase, sous forme de petits cristaux translucides, que je desséchai entre des papiers. Le sel sec fut immédiatement introduit dans un petit appareil semblable à celui que j'ai décrit ci-dessus, et chauffé à la lampe à esprit-de-vin. La première application de la chaleur fit dégager du sel beaucoup d'eau, il devint d'un blanc laiteux; mais les cristaux conservèrent leur forme. Ce sel a la propriété d'effleurir dans l'air sec, où il perd son eau de cristallisation sans abandonner aucune portion de son acide, comme je l'ai prouvé par une expérience directe. Je fais ici cette observation, parce qu'on pourrait s'imaginer que l'efflorescence du sel n'est en réalité que sa transformation en magnésie blanche.

Le sel contenu dans la petite cornue fut maintenu dans la flamme, jusqu'à ce qu'il eût été rouge pendant un quart d'heure. Les deux récipiens avaient alors gagné 38,9 pour cent d'eau. L'ampoule de verre contenant la magnésie fut de nouveau exposée à une plus forte chaleur, dans un creuset de platine, au milieu des charbons ardens ; il resta 29,6 pour cent de magnésie entièrement dépouillée d'acide carbonique. La perte de 31,5 pour cent était en conséquence le poids de cet acide.

Les proportions d'oxigène contenues dans ces quantités de magnésie, d'acide carbonique et d'eau sont respectivement 11,457, 22, 89 et 34,33, ou dans le rapport de 1, 2 et 3; et conséquemment l'acide contient deux fois, et l'eau trois fois l'oxigène de la base. On peut donc représenter la composition du carbonate de magnésie par la formule $\ddot{M}g\ \ddot{C}^2 + 6\,Aq$; d'où nous concluons qu'il contient :

Magnésie,	29,583;
Acide carbonique,	31,503,
Eau de combinaison,	38,914.
	100,000.

Il me restait encore à déterminer la quantité d'eau combinée avec les cristaux du bicarbonate de potasse. L'ayant traité dans le même appareil que les sels déjà analysés, les cristaux donnèrent 9 pour cent d'eau, et 69 pour cent de carbonate de potasse. Ce résultat est parfaitement d'accord avec la formule $\ddot{K}\ddot{c}^4 + 2\,Aq$, qui indique que l'acide carbonique contient quatre fois l'oxigène de la base, aussi-bien que de l'eau.

Ces différens points étant établis, procédons maintenant à l'examen des résultats de l'analyse de notre carbonate double, afin de découvrir la vraie composition chimique. Les 18,28 parties de potasse contiennent 3,0987 d'oxigène; et les 15,99 de magnésie en contiennent 6,1894, ou deux fois autant. Les 34,49 parties d'acide carbonique contiennent 25,57 d'oxigène, ou, avec une légère différence, huit fois l'oxigène de la potasse.

Si nous cherchons à partager l'acide avec ses deux bases, nous trouverons qu'il doit être divisé entre elles de telle sorte qu'elles en prennent des quantités égales; et cependant la potasse se trouve à un degré de saturation plus élevé, ou formant un bicarbonate, tandis que la magnésie ne forme qu'un carbonate ordinaire. Cela deviendra évident, si l'on remarque que c'est du *bicarbonate* de potasse qu'on a employé pour produire le sel; et que si l'acide carbonique était divisé proportionnellement entre les deux bases, il donnerait des degrés de saturation qui sont du moins improbables, sinon contraires à l'expérience.

Il faut observer que la quantité d'eau trouvée dans ce sel double était plus grande que celle contenue dans chacun des deux sels; et comme on doit présumer que la base puissante, plutôt que la base faible, se combine avec une quantité d'eau plus grande que d'ordinaire; ce bicarbonate de potasse doit contenir trois fois autant d'eau que dans son état isolé; et l'eau, dans chacun des deux sels, doit contenir trois fois autant d'oxigène que la base. En conséquence, la composition de ce sel double pourra être représentée par la formule :

$$\ddot{K}\ddot{c}^{4} Aq^{6} + 2\ddot{M}g\ddot{C}^{2} Aq^{6};$$

d'où nous conclurons que sa composition exacte doit être :

Potasse,	18,28;
Magnésie,	16,00;
Acide carbonique,	34,12;
Eau,	31,60.
	100,00.

J'ai minutieusement décrit l'examen d'un sel qui peut paraître peu intéressant et obscur; mais je pense qu'il était bon de le faire, parce qu'un examen soigné et exact de ce qu'il nous permet de déterminer aisément nous met à même de juger de ce qui doit arriver dans les cas où une pareille recherche n'est pas également possible. L'analyse de ce sel double est d'une haute importance sous deux points de vue; elle fait voir, en premier lieu, que deux sels formés par le même acide, et à différens degrés de saturation avec des bases différentes, peuvent s'unir et constituer un sel double; et ce fait vient à l'appui des formules qui ont été déduites des analyses de plusieurs substances appartenant au règne minéral, telles, par exemple, que l'émeraude, l'apophyllite, la mésotype, la trémolite et quelques autres, dont la composition, déterminée avec une exactitude suffisante, réunit la silice avec des terres qui lui servent de bases salifiables, et nous présentent des silicates à différens degrés de saturation. En second lieu, notre analyse prouve que la quantité d'eau existante dans un sel double n'est pas toujours la même que celle qui se trouve dans les sels composans pris séparément; circonstance importante dans l'analyse de ces corps dont la composition est compliquée et très-variée.

Examen de la magnésie blanche (*magnesia alba*). C'est un fait bien connu que toutes les fois qu'on précipite cette terre d'une dissolution chaude par le carbonate de potasse, il en résulte une effervescence; la magnésie blanche contient donc moins d'acide carbonique que la potasse n'en abandonne. Doit-on alors la considérer comme un sous-carbonate? Et, dans ce cas,

quel rapport subsiste entre la base et l'acide ? Les essais que j'ai entrepris pour résoudre ces questions m'ont conduit à des résultats bien différens de ceux que j'avais d'abord supposés.

Les analyses que nous possédons de cette substance présentent des résultats tout-à-fait discordans, ainsi qu'on peut le reconnaître dans le tableau suivant :

	Bergman.	Kirwan.	Butini.	Klaproth.
Magnésie,	45	45	40	40;
Acide carbonique,	30	34	36	33;
Eau,	25	21	21	27.

L'extrême facilité que l'on a pour déterminer avec précision la quantité de magnésie caustique, restante après la calcination de ce sel, ne nous permet pas de supposer qu'aucune des analyses soient erronées sur ce point; mais il n'en est pas de même de l'eau et de l'acide carbonique dont les quantités peuvent avoir été un peu modifiées d'après la méthode suivie pour leur détermination.

Il est aisé de reconnaître que, d'après toutes ces analyses, l'acide carbonique n'est pas combiné avec deux fois autant d'oxigène que dans le carbonate ordinaire; et il est évident en outre que les trois premières ne s'accordent en aucun point avec les lois des proportions chimiques; tandis que l'analyse de Klaproth indique que l'acide carbonique et l'eau renferment chacun une quantité égale d'oxigène, et que la magnésie contient les deux tiers de cette quantité. Quoique ce dernier résultat ait été représenté par une formule qui offre de grandes probabilités, et qu'il soit dû à notre grand maître dans

l'art des analyses correctes, je pensai qu'il était nécessaire de répéter l'expérience avant d'établir avec confiance, d'après elle, un calcul concernant la composition réelle de la magnésie blanche. Quelque simple que puisse paraître cette analyse, elle me demanda néanmoins beaucoup plus de temps et de précautions que bien d'autres recherches plus difficiles au premier abord, et je ne parvins à obtenir un résultat que je regarde comme le véritable, qu'après seize essais différens.

Je commençai par précipiter une dissolution de muriate de magnésie par le carbonate de potasse, en tenant pendant quelque temps le mélange à l'état d'ébullition. J'eus soin de maintenir d'abord le muriate de magnésie en léger excès, parce que j'avais quelque raison de penser que quand le liquide contient un excès d'alcali, le précipité en entraîne toujours avec lui une petite portion que l'eau ne peut plus séparer. Je recueillis le précipité sur un filtre, et je le lavai, jusqu'à ce que l'eau qui s'en écoulait eût cessé d'agir sur le nitrate d'argent. Ce précipité, séché et examiné d'après la méthode ci-dessus indiquée, donna : magnésie, 41,60; acide carbonique, 36,58; eau, 21,82. Cette analyse, ayant été répétée une seconde fois, fournit absolument les mêmes résultats; il ne devait donc pas y avoir eu d'inexactitude. Cependant, quand je fis dissoudre dans l'acide nitrique la magnésie caustique obtenue dans cette expérience, et que j'eus versé dans la disssolution un peu de nitrate d'argent, il se forma un nuage dans la liqueur, et il se déposa une petite quantité de muriate d'argent. Le précipité que j'avais analysé contenait par conséquent une petite portion de muriate de magnésie. Un autre préci-

pité formé en employant un excès de carbonate de potasse, donna, par sa composition : magnésie, 42,37; acide carbonique, 37,17; eau, 20,46; et dans ce cas, la magnésie n'avait pas retenu d'acide muriatique.

Je répétai ces expériences en précipitant la magnésie de son sulfate. Quand ce sel fut maintenu en excès, le précipité paraissait contenir : magnésie, 42,24; acide carbonique, 37,00; eau, 20,76; et cette magnésie, étant dissoute dans l'acide muriatique, précipita abondamment par le muriate de baryte. Quand le carbonate de potasse dominait dans le mélange de ce sel et de sulfate de magnésie, le précipité contenait : magnésie, 43,16; acide carbonique, 36,47; eau, 20,37. La quantité plus forte de magnésie obtenue dans cette expérience paraissait être due pareillement à un peu de potasse entraînée par le précipité; pour m'en assurer, je fis digérer dans l'eau bouillante la magnésie caustique provenant de l'analyse : le liquide avait une saveur alcaline sensible, et rétablissait le papier de tournesol rougi. L'ayant saturé par l'acide muriatique, je le fis évaporer, et je chauffai au rouge le résidu. Ce résidu ne fut point dissous par quelques gouttes d'eau qu'on versa dessus; mais ces gouttes laissèrent par leur évaporation, sur une plaque de verre, une pellicule blanche peu soluble dans l'eau, et qui, vue au microscope, paraissait complètement terreuse, et ne pouvait être autre chose que de la magnésie. Il semblait raisonnable de conclure de ce fait, que la magnésie résultant de l'analyse ne contenait aucune trace sensible de potasse. Enfin, j'obtins ma dernière portion de magnésie blanche, en faisant bouillir du carbonate liquide de cette terre; il me donna : magnésie, 43,2;

acide carbonique, 36,4; eau, 20,4. Une seconde expérience faite sur une autre quantité préparée de la même manière, à une autre époque, donna : magnésie, 42,8; acide carbonique, 36,5; eau, 20,7. Toutes ces analyses s'accordent à indiquer que la magnésie blanche est formée de environ 43 pour cent de magnésie et de 20,5 pour cent d'eau. On ne peut donc conséquemment regarder le résultat de l'analyse de M. Klaproth comme présentant la véritable composition de cette substance; mais, d'un autre côté, aucune de mes propres analyses ne coïncide avec la loi des proportions chimiques, ou ne fournit une formule de composition probable; et comme on ne peut cependant jamais admettre aucune anomalie à une loi générale, il semblait probable que quelque circonstance avait échappé à mon attention. Ayant, par cette raison, repris mes expériences, j'examinai d'abord le carbonate de magnésie, précipité à froid par le carbonate de potasse; il me donna : magnésie, 36,40; acide carbonique, 30,25; eau, 33,35. D'après ces proportions, les quantités d'oxigène contenues dans l'acide et dans l'eau sont (avec une très-petite erreur en plus) respectivement égales à une et demie et deux fois l'oxigène de la base. Quoique le liquide duquel le précipité s'était déposé contînt encore un excès de sulfate de magnésie, il présentait cependant les propriétés alcalines. Par l'ébullition, il devint trouble, et déposa une grande quantité de magnésie. Il est donc évident maintenant que quand un sel à base de magnésie est précipité par un carbonate alcalin, le sel se décompose en deux proportions; la première se dépose en entier; mais la seconde, ayant acquis aux dépens de la première une plus grande quan-

tité d'acide carbonique, est convertie en un carbonate de magnésie soluble dans l'eau ; et comme la quantité de ce dernier sel qui est dissoute doit varier selon la température et la quantité de l'eau employée, la composition du précipité sera elle-même différente dans différens cas. Cette conclusion est vérifiée par l'expérience suivante : ayant mêlé avec de l'eau à la température de 18°, centigrades, et agité pendant quelque temps une autre portion du précipité à froid ci-dessus analysé, la liqueur devint alcaline, et donna par l'ébullition un précipité abondant. Ce précipité laissa, après son exposition à la chaleur, 38 pour cent de magnésie caustique, c'est-à-dire, 1,6 pour cent de plus qu'on n'avait obtenu précédemment. Un second traitement du précipité produisit un résultat semblable ; et la proportion de magnésie caustique continua d'augmenter avec le nombre des lavages.

Je conclus de ces faits, que toutes les fois qu'un sel ayant la magnésie pour base est décomposé par un carbonate alcalin, il en résulte un carbonate de magnésie correspondant que la présence de l'eau décompose en partie, de manière à former un carbonate soluble dans l'eau à l'aide d'un excès d'acide carbonique; tandis qu'une autre partie du carbonate est convertie en magnésie blanche, et qu'une dernière portion se dépose sans avoir éprouvé de décomposition. Ces deux produits se forment en outre en proportions variables, suivant les différentes circonstances qui ont accompagné la décomposition. A mesure que la température et la quantité d'eau augmentent, la proportion de la magnésie blanche augmente pareillement, jusqu'à ce qu'elle finisse par se

déposer seule, et par conséquent jusqu'à ce que la nature du précipité ne change plus par l'action de nouvelles portions d'eau bouillante. En partant de ce fait, et regardant ces raisonnemens comme bien établis, il ne me restait plus qu'à déterminer le *maximum* de cette décomposition produite par l'eau; ayant en conséquence pris une certaine quantité de magnésie blanche, précipitée par l'action long-temps continuée d'un excès de carbonate de potasse bouillant, je la fis bouillir avec des portions successives d'eau pure. Sa quantité alla sensiblement en diminuant, l'eau devint alcaline, et par l'évaporation elle laissa un résidu de magnésie. Je reconnus alors que le temps pendant lequel on fait durer l'ébullition a moins d'influence que la quantité d'eau ajoutée pour déterminer la décomposition du carbonate qui est mêlé avec la magnésie blanche. Lorsque l'eau a produit un certain effet, une ébullition prolongée ne détermine sur le précipité restant qu'un changement très-lent. Ainsi, une portion de magnésie blanche, qui avait d'abord donné un résidu de 43 pour cent, donna 43,4 pour cent après son exposition à l'action de l'eau bouillante; après la seconde ébullition, elle donna 44,4; à la troisième 44,5, à la quatrième 44,58; les cinquième et sixième ébullitions ne produisirent plus de changement, quoique cependant l'eau, même froide, continuât de dissoudre une portion de précipité suffisante pour donner un dépôt blanc lorsqu'on en faisait évaporer quelques gouttes dans une capsule de platine; circonstance bien digne de fixer l'attention des chimistes qui s'occupent d'analyses minéralogiques.

Ayant ainsi trouvé un point fixe de composition,

j'analysai la magnésie blanche d'après la méthode déjà détaillée, et j'obtins :

Magnésie,	44,58;
Acide carbonique,	35,70;
Eau,	19.72.
	100,00.

Il est facile de reconnaître maintenant d'où proviennent les grandes discordances entre les analyses que j'ai citées plus haut, et comment le célèbre Klaproth a pu n'obtenir que 40 pour cent de magnésie, tandis que Bergman et Kirwan en ont obtenu jusqu'à 45; nombre qui, dans le fait, n'était probablement pas supérieur à 44,6; car, dans ce temps, on regardait un quart de grain comme une quantité assez petite pour être sacrifiée à la commodité des nombres *ronds*.

Je remarquerai, relativement à l'analyse de la magnésie blanche, une autre circonstance; c'est qu'à la première application du feu, la poudre entre en une espèce d'ébullition pendant laquelle la vapeur d'eau entraîne avec elle, sous forme de poussière, une petite quantité de terre. Lorsque l'expérience se fait dans un creuset, comme on ne peut s'apercevoir de la perte due à cette cause, elle induit l'analyste en erreur; mais, dans l'appareil dont je me suis servi, on reconnaît à l'instant cette ébullition, et on l'empêche en modérant la température.

Si l'on calcule les résultats de cette analyse, on trouve que l'oxigène de la magnésie est 17,26; celui de l'eau 17,47, et celui de l'acide carbonique 25,73, ou une fois

et demie ce qui est contenu dans la magnésie. Il nous reste maintenant à examiner comment l'union a lieu. Ceux qui n'ont point fait attention aux divers rapports qui existent entre l'oxigène des bases et celui de l'acide qui leur est uni (rapports qui se montrent constamment, excepté dans le cas où l'oxigène contenu dans l'acide à son moindre degré d'oxidation est à celui qu'il contient dans son degré le plus élevé, comme trois est à deux (1)), diront peut-être que la magnésie blanche est un sous-carbonate composé de 2 atomes d'acide, unis à 3 atomes de base et 3 d'eau. Mais examinons ces rapports de combinaison avant de reconnaître leur exactitude. Il est évident que s'ils constituent réellement un sel ayant un excès de base, l'acide carbonique devra posséder la propriété de former d'autres sels aussi avec excès de base, et au même degré de saturation avec ces bases.

Il est bien connu que le carbonate vert de cuivre est un sous-carbonate dans lequel l'acide carbonique est combiné avec deux fois autant d'oxide de cuivre que dans le carbonate ordinaire, résultant de la décomposition du sulfate neutre de cuivre par un carbonate alcalin. Mais il y a encore, dans le règne minéral, un autre carbonate de cuivre ; c'est le bleu, et j'ai essayé de prouver, d'après les analyses de Klaproth et de M. Vauquelin, qu'il consiste en carbonate de cuivre, combiné avec un hydrate de ce métal $= \ddot{C}u\, Aq^2 + 2\, \ddot{C}u\, \ddot{C}^2$ (2) (*Afhand-*

---

(1) Ainsi que cela a lieu dans les acides qui ont l'azote ou le phosphore pour base.

(2) $\ddot{C}u$ signifie *oxidum cupricum*, oxide de cuivre. Les autres symboles ont déjà été expliqués.

lingar Fysik, etc. IV. 130). Cette espèce de carbonate de cuivre a depuis été analysée par M. Philips, et les résultats de son expérience coïncident, même dans les parties décimales, avec ceux calculés à l'aide de la formule que je viens de donner. D'un autre côté, si cette substance n'est point une espèce de sel double, composé d'hydrate et de carbonate de cuivre (comme sa couleur semble aussi l'indiquer), elle doit être un sous-carbonate; mais ce sous-carbonate ne serait ni analogue à celui qu'on peut supposer former la magnésie blanche, ni conforme aux lois des proportions chimiques, puisqu'il serait composé de 3 atomes de base avec 4 d'acide. Je ferai observer de plus que l'eau combinée avec les sels, et qu'on nomme ordinairement *eau de cristallisation*, n'est retenue dans le sel que par une faible affinité, que, dans la plupart des cas, il suffit, pour la chasser, d'une chaleur très-peu supérieure à 100°, et que toujours elle se dégage long-temps avant l'acide : or, remarquons maintenant que, dans l'analyse de la magnésie blanche, il se dégage, en premier lieu, une certaine quantité d'eau, comme si c'était de l'eau de cristallisation; mais qu'ensuite l'acide carbonique et l'eau se dégagent simultanément, et que la dernière portion de magnésie blanche, quoique portée à une chaleur rouge, dépose encore une goutte d'eau qui passe à travers le tube étroit qui la conduit au récipient froid. Ce fait, que j'ai pleinement démontré par des expériences entreprises dans la vue de le vérifier, prouve que l'eau est retenue dans la magnésie blanche par une force supérieure à celle qui retient l'eau de cristallisation, même dans les sels qui sont distingués par leur forte affinité pour ce liquide.

Mais cette affinité ne peut être différente de celle en vertu de laquelle une partie de la magnésie, comme base ou substance électrisée positivement, est combinée, sous la forme d'un hydrate, avec l'eau, comme acide, ou du moins comme corps électrisé négativement. Dans ce cas, la magnésie blanche doit être composée d'hydrate et de carbonate de magnésie, et il n'y a point de difficulté à concevoir que la chaleur ne puisse séparer les dernières portions de la substance douée d'une plus faible électricité négative, avant celles qui possèdent une plus grande force électrique, puisque chacune est combinée séparément avec sa base.

Dans la magnésie blanche, $\frac{3}{4}$ de la magnésie se combinent avec l'acide carbonique pour former le carbonate de magnésie, et le $\frac{1}{4}$ restant forme l'hydrate; mais comme l'oxigène de l'eau est égal à celui contenu dans la totalité de la magnésie, on peut demander si l'eau est combinée en entier avec l'hydrate, ou si une partie constitue l'eau de cristallisation du carbonate. On ne peut répondre positivement à cette question; mais très-vraisemblablement le carbonate ne contient pas d'eau; premièrement, parce qu'on rencontre souvent dans la nature ce carbonate parfaitement sec, et que l'eau dans la magnésie blanche n'est pas en quantité suffisante pour fournir l'eau de cristallisation nécessaire à ce sel, à l'état isolé; secondement, comme, dans ce cas, l'eau joue le rôle d'un acide (fonction beaucoup plus active que celle d'eau de cristallisation), il semble fort probable que, afin de faire équilibre au plus puissant agent, l'acide carbonique, les atomes d'eau doivent entrer dans ce composé en plus grande proportion que ceux d'acide

carbonique. Il est probable que, dans tous les sels doubles qui ont une base commune avec des acides différens, le plus faible de ces acides doit se trouver à un point de saturation proportionnellement inférieur à celui du plus fort; de même que dans les sels doubles qui ont deux bases, il arrive souvent que la plus faible des deux est moins saturée d'acide que la plus énergique. Il est donc possible que quand un carbonate se combine avec un hydrate pour former un sel double, le carbonate ne puisse pas contenir d'eau de cristallisation, et que toute l'eau qu'on y rencontre doive appartenir à l'hydrate. Dans la magnésie blanche, l'acide carbonique contient deux fois l'oxigène de la portion de magnésie combinée avec lui; et l'eau contient quatre fois l'oxigène de la partie de magnésie avec laquelle elle forme l'hydrate; de sorte que, dans ce cas, l'eau se trouve à un degré de saturation proportionnel au bicarbonate de cette terre. D'après ces considérations, la magnésie blanche est $\dot{Mg}\,Aq^8 + 3\,\dot{Mg}\,\ddot{C}^2$; la composition, déduite par le calcul, est :

Magnésie,	44,641;
Acide carbonique,	35,736;
Eau,	19,621;

résultats parfaitement d'accord avec ceux de mon analyse.

Carbonate de zinc. On sait que le carbonate de zinc est soluble dans l'eau à la faveur d'un excès d'acide carbonique; et quand on décompose le sulfate de zinc par un carbonate alcalin, l'acide carbonique retient en dissolution une grande quantité de l'oxide précipité. La ré-

semblance de ce phénomène avec celui qui se présente dans le cas de la magnésie blanche me fit soupçonner qu'il était dû à une pareille cause, et me porta à soumettre le carbonate de zinc à un examen particulier. Je reconnus alors que la composition de ce carbonate est la même, soit qu'il ait été précipité à chaud ou à froid ; et par conséquent que la quantité d'eau qu'on emploie d'ordinaire dans cette expérience est suffisante pour compléter sa décomposition. Lorsqu'on précipite le carbonate de zinc d'une dissolution de muriate ou de sulfate de ce métal, il entraîne toujours aussi avec lui une portion d'acide muriatique ou sulfurique, que les lavages ne peuvent séparer. Précipité par un excès de carbonate alcalin, il paraissait retenir une petite portion de ce carbonate; et cet effet se produisait également, soit qu'on se servît du carbonate de potasse ou de celui de soude. Je trouvai, par plusieurs expériences, dans le carbonate de zinc précipité avec le plus léger excès possible de carbonate de potasse, de 73,15 à 73,25 *pour cent* d'oxide de zinc. Quand le liquide contenait plus d'alcali, j'obtins de 73,6 à 73,7 *pour cent* de résidu. Dans ce dernier cas, l'oxide, après son refroidissement, était parfaitement blanc, tandis que, dans le premier, il conservait une légère teinte de jaune très-pur. L'oxide de zinc dont je me servis pour ces expériences avait été séparé, par évaporation, d'une dissolution de cet oxide dans l'ammoniaque caustique; on le dissolvait alors dans un acide, et on convertissait l'oxide en carbonate de zinc, en ajoutant à la dissolution un carbonate tantôt de potasse, tantôt de soude. Ce carbonate, analysé dans l'appareil employé par la magnésie, me donna :

Oxide de zinc,	73,15;
Acide carbonique,	14,72;
Eau,	12,13.
	100,00.

Je fis plusieurs expériences sur ce sel; mais les résultats différaient si peu qu'il est inutile de les détailler ici. L'oxigène contenu dans l'oxide de zinc est 14,344, tandis que celui de l'acide carbonique est 10,695, et celui de l'eau 10,704. Ainsi, les deux dernières quantités sont égales; mais l'oxigène dans l'oxide de zinc est à celui contenu dans l'acide carbonique comme 4 est à 3; rapport qui ne se présente ni dans le carbonate bleu de cuivre ni dans la magnésie blanche, et qui fournit une preuve de plus en faveur des opinions que j'ai exprimées ci-dessus. Si nous considérons la substance que nous venons d'analyser comme consistant en hydrate combiné avec le carbonate de zinc, il paraîtra contenir une molécule d'hydrate d'oxide de zinc, dans lequel l'eau a trois fois l'oxigène de la base, et 3 molécules de carbonate dans lequel l'acide et l'oxide contiennent des quantités égales d'oxigène. Il est donc représenté par la formule $\ddot{Z}n\,Aq^{6} + 3\,\ddot{Z}n\,\ddot{C}$ (1), et on en déduit par le calcul :

Oxide de zinc,	73,04;
Acide carbonique,	14,79;
Eau,	12,17.
	100,00.

(1) $\ddot{Z}n$ représente 1 atome de zinc combiné avec 2 atomes d'oxigène.

J'ai depuis long-temps soupçonné que les résultats de mes expériences sur la composition de l'oxide de zinc indiquent un petit excès d'oxigène dû à la présence du fer dans le zinc distillé que j'employai. Mes soupçons se trouvent confirmés par cette analyse, dans laquelle (en supposant la substance sur laquelle j'ai opéré également pure dans tous les cas) il est aisé d'opérer avec une exactitude qui ne ferait pas même porter les différences sur la première décimale du nombre exprimant le poids, et spécialement pour celui de l'oxigène. Je fis, afin de fixer ce point, plusieurs nouvelles tentatives pour obtenir du zinc rigoureusement pur; mais mes premières difficultés se renouvelèrent et m'obligèrent de renoncer à cette recherche.

On peut objecter, relativement à la nature de la substance que nous venons d'analyser, que l'hydrate contient plus d'eau que lorsqu'il se trouve à l'état isolé; mais nous avons déjà vu que, dans les sels doubles, la quantité d'eau peut être différente de celle qui existe dans chacun des composans pris séparément.

Dans un excellent ouvrage publié, il y a six ans, sur la composition des différentes mines de zinc appelées *Calamines*, M. Smithson examina, outre le carbonate neutre de zinc cristallisé anhydre, une autre espèce de carbonate terreux de zinc venant de la Carinthie, et le trouva composé de 71,66 pour cent d'oxide de zinc, 13,34 d'acide carbonique et 15 d'eau; composition parfaitement analogue à celle de la substance artificielle que je viens d'analyser. M. Smithson regardait lui-même cette substance comme une combinaison chimique de carbonate et d'hydrate de zinc; et l'inexactitude des propor-

tions qu'il assigne à ses ingrédiens a dû provenir du défaut de connaissance des lois de composition qu'on a découvertes depuis.

Sous-sulfate et sous-muriate de magnésie. Avant de terminer ce Mémoire, je dirai quelques mots des précipités produits par l'ammoniaque caustique, dans les dissolutions de sulfate et de muriate de magnésie. On a souvent prétendu que ces précipités sont occasionés par la tendance qu'ont les sels d'ammoniaque et de magnésie à former des sels doubles. M. Pfaff de Kiel pensa même qu'il pourrait déterminer la composition de ces sels doubles, d'après la quantité de précipité obtenue en mêlant un sel de magnésie avec l'ammoniaque caustique; mais cette supposition est erronée; car j'ai reconnu que la quantité du précipité varie avec celle de l'ammoniaque employée; et qu'en la mettant en très-grand excès, on pouvait précipiter la presque totalité de la magnésie. Les précipités dont il s'agit ne sont cependant que des hydrates purs de magnésie. Celui qu'on obtient du sulfate est demi-transparent tant qu'il reste dans le liquide; il a un aspect grenu, et se dépose très-rapidement comme un précipité pesant. Celui qui se forme dans le muriate de magnésie est blanc, opaque et comme mucilagineux, et se dépose très-lentement. Je trouvai dans le premier, magnésie 67,5 pour cent, acide sulfurique 1,6, eau 30,9. L'oxigène de l'eau excède un peu celui de la terre; c'est pourquoi la portion de magnésie qui est combinée avec l'acide sulfurique doit être unie à une proportion d'eau plus grande que l'autre portion de magnésie qui forme la base de l'hydrate; et puisque cet acide sulfurique ne peut être enlevé par

l'eau, il entre évidemment dans la composition chimique de cette substance. Il est actuellement difficile de faire une analyse de ce composé suffisamment exacte pour être calculée avec certitude, à cause de la très-petite quantité de l'un des ingrédiens ; mais on trouvera sans doute qu'elle est formée d'une molécule de sous-sulfate de magnésie avec son eau de combinaison, et d'un grand nombre de molécules d'hydrate de magnésie. Il doit en être de même probablement du précipité provenant du muriate de magnésie. On a beaucoup de peine à obtenir cette substance à l'état de pureté à cause de sa mucosité, qui s'oppose au passage de l'eau ; ce qui permet au sel d'absorber, avant d'avoir été convenablement lavé, une grande quantité d'acide carbonique. Cette raison m'a empêché d'en faire une analyse exacte ; je m'aperçus néanmoins qu'il contenait environ 1 pour cent d'acide muriatique sur lequel l'eau n'exerçait aucune influence.

Ces recherches indiquent une espèce de combinaisons qui méritent d'être examinées avec plus d'attention qu'on ne leur en a accordé jusqu'à présent. Il est évident que les affinités auxquelles elles sont soumises ont dû jouer un rôle important dans la formation de la partie inorganique de notre globe, et que l'étude de ces substances peut devenir de la plus haute importance dans nos travaux sur la nature des substances minérales.

Sur l'Inclinaison mutuelle des axes visuels.

Par Mr P. Prevost.

§ 1. Dès long-temps les philosophes ont été frappés de l'espèce de sympathie qui règne dans le mouvement des deux yeux d'un même individu de l'espèce humaine. Le chancelier Bacon remarque que les deux yeux se meuvent ensemble; que si l'un se dirige d'un côté, l'autre le suit (1); et véritablement il suffit de toucher légèrement de la main, à travers la paupière, le globe d'un œil fermé, pour sentir qu'il suit machinalement tous les mouvemens de l'autre.

§ 2. Reid insiste beaucoup sur ce mouvement des axes visuels; il l'envisage comme plaçant ces axes dans une situation parallèle, et il s'applique à faire voir qu'il n'est pas un effet de l'habitude, mais que la nature nous l'enseigne dès le premier moment où nous pouvons faire usage du sens de la vue. Si les enfans ne mouvaient pas les yeux parallèlement dès le berceau, leur regard paraîtrait difforme; et cependant chacun des yeux est mu par des muscles qui lui sont appropriés, et qui sembleraient devoir agir d'une manière indépendante, comme ceux des bras ou des jambes.

§ 3. Le Dr Wells a fait voir, par une expérience fort simple, qu'à la vérité il y a sympathie; que les yeux se

---

(1) *Oculi moventur eadem ratione et via, uno enim moto ad nares, alter abscedit.*

Sylv. Sylv. § 878.

meuvent ensemble, mais que (du moins dans un grand nombre de cas) leur mouvement sympathique n'est pas parallèle. Fermez un œil en le couvrant de la main, ou le touchant légèrement du doigt; par une petite ouverture voisine de l'œil ouvert, fixez un objet éloigné (1); puis tout-à-coup fixez l'ouverture, vous sentirez l'œil fermé se mouvoir sympathiquement et diriger son axe vers l'ouverture; reprenez ensuite votre premier point de mire. L'œil fermé reprendra aussitôt son ancienne position. Dans ces deux expériences successives, l'axe visuel de l'œil ouvert reste immuable; et puisque l'axe de l'œil fermé change de position, il est évident que ce n'est pas pour prendre une situation parallèle à celui de son associé (2).

§ 4. Comment donc, en ce cas, l'axe de l'œil fermé se dirige-t-il? Puisque la sympathie qui agit ici ne tend pas au parallélisme, à quoi tend-elle, et quel est à cet égard la loi de notre nature? Il ne faut pas beaucoup d'effort pour comprendre qu'ici la sympathie consiste à mouvoir l'œil fermé du côté vers lequel se meut son associé dans l'acte de fixer. La loi peut s'exprimer ainsi: les yeux se disposent sympathiquement à fixer le même objet, ou, en d'autres termes, les deux axes visuels

---

(1) Quelques puristes ne veulent pas que l'on se serve de cette expression : *fixer un objet*, pour *fixer son regard sur un objet*; mais comme ces puristes ne sont pas opticiens, nous emploierons sans scrupule une expression qu'aucune autre ne remplace avec propriété.

(2) W. C. Wells, D. M. *An Essay upon single vision with two Eyes.*

tendent naturellement à se diriger vers le même objet. On verra tout-à-l'heure qu'il importe de ne pas dire (comme le Dr Wells) que les axes se dirigent vers le même objet; c'est aller au-delà des faits. La main qui touche le globe de l'œil fermé sent distinctement quel est le côté vers lequel il se dirige; mais elle ne peut sentir avec précision quel est le point de mire de cet œil, quelle est la direction exacte de son axe.

§ 5. Une expérience aussi simple que la précédente, et encore plus facile à répéter, démontre, si je ne me trompe, que l'affection sympathique de l'œil qui ne voit pas ne produit qu'une approche imparfaite de l'axe de cet œil vers le but où il paraît tendre. Voici cette expérience : fixez un objet des deux yeux; puis, en conservant le même point de mire, fermez un œil; laissez passer quelques secondes, et rouvrez cet œil fermé; à cet instant, le point de mire vous paraîtra double, et l'image vue par l'œil rouvert sera placée du côté opposé, c'est-à-dire, à droite par l'œil gauche, à gauche par l'œil droit. Bientôt ces deux images se rapprocheront; et si l'œil libre a eu de la constance dans le regard, vous verrez nettement l'image qu'il vous offre rester immobile, et celle de l'œil rouvert s'en approcher et s'y réunir (1). Il suit de cette expérience que lorsque nous suspendons, pour l'un de nos yeux, l'effort par lequel nous fixons, cet œil prend une situation en vertu de laquelle l'image de l'objet qu'il fixait est repoussée du côté opposé à cet œil.

---

(1) *Essais de philosophie*, t. I, p. 182.

§ 6. Il y a trois suppositions à faire sur la cause productive d'un tel effet : 1° on pourrait croire que, par le jeu même des muscles, l'acte de fermer l'œil dérange la position de son axe, et qu'en le rouvrant il se trouve déplacé de manière à donner lieu à l'apparence qui nous frappe. 2°. On pourrait supposer que l'œil passant de la lumière à l'obscurité, puis de l'obscurité à la lumière, éprouve, dans la position de son axe, un changement occasioné par la dilatation de la pupille et sa contraction subséquente; changement tel, qu'il en résulte le phénomène observé; ou 3° enfin, que l'axe de l'œil fermé tend à fixer le point que fixe l'œil rouvert, ou à conserver le même point de mire; mais qu'il n'arrive pas tout-à-fait à se ranger dans cette position vers laquelle il tend; qu'il s'en écarte un peu en s'éloignant du nez. Il ne me paraît qu'aucune autre supposition puisse fournir une explication claire du fait (1). Discutons-les donc toutes trois.

§ 7. *Première supposition.* La position de l'axe visuel de l'œil fermé et rouvert n'est-elle point dérangée par le jeu des muscles qui ferment et rouvrent les paupières ; et ce léger dérangement ne suffit-il pas à expliquer le phénomène ?

Cette supposition est inadmissible; une simple modification de l'expérience le prouve. Au lieu de fermer et rouvrir l'œil, on peut le masquer et le découvrir à l'aide d'un écran qui lui dérobe la vue de l'objet fixé, et qui la lui rende ensuite à volonté : or, sous cette forme,

---

(1) *Voyez* à la fin, la *note A*.

l'expérience réussit aussi-bien que sous l'autre. Donc, la déviation de l'axe visuel n'est pas déterminée par le jeu des muscles dans l'action de fermer et de rouvrir les paupières.

§ 8. *Seconde supposition.* La dilatation et la contraction successive de la pupille n'est-elle point la cause de la déviation de l'axe dans l'expérience que nous discutons ? Cette supposition se présente d'abord comme probable. Le centre de la pupille n'est pas dans la direction de l'axe de la cornée ; il est plus rapproché du nez. Il semble résulter de là que l'ouverture de la pupille, en se rétrécissant ou s'agrandissant, doit avoir quelque influence sur la direction du cône des rayons convergens qui a pour base cette ouverture, et dont le sommet est à la rétine. On pourrait donc être tenté de croire que c'est à cette influence qu'est dû le déplacement de l'image qui affecte l'œil au moment où on le démasque ; mais c'est là un faux aperçu, et sans remonter à la source de l'erreur, il nous suffira encore de modifier l'expérience discutée, pour montrer que la cause assignée ici n'en explique point le résultat. En effet, que l'on éclaire fortement le local du côté de l'œil masqué, et que l'objet fixé n'influe point sur l'éclairement. Par exemple, de nuit, placez du côté de cet œil une bougie allumée, et fixez à quelque distance un objet qui n'ait point d'éclat. Puis, répétez l'expérience en masquant et dévoilant tour-à-tour cet objet à l'œil qui est le plus éclairé par la bougie. Il est certain que, en ce cas, la pupille de cet œil ne doit éprouver aucune contraction ni dilatation sensible ; et cependant le résultat de l'expérience est le même que sans cet appareil d'éclai-

rement. Donc, la déviation de l'axe (qui produit le déplacement de l'image) doit être attribuée à une toute autre cause qu'à la contraction et à la dilatation successive de la pupille.

§ 9. *Troisième supposition.* L'axe de l'œil fermé ou masqué ne tend-il pas à la fois à fixer l'objet que fixe son associé, et à écarter son axe en dehors ; et ne prend-il pas une position moyenne dans laquelle il reste imparfaitement dirigé du côté de l'objet que l'œil ouvert tient fixé ?

Comme c'est à cette supposition que je crois qu'il faut s'arrêter, j'entrerai dans quelque détail.

Et d'abord, il est facile de voir que cette supposition suffit à expliquer le phénomène ; car, si l'œil fermé (à l'instant où il se rouvre) n'est pas placé de manière à diriger son axe sur le point de mire, mais qu'il se soit écarté en s'éloignant du nez ; ce point de mire aura son image sur la rétine plus loin du nez que l'extrémité de l'axe, et paraîtra s'être écarté du côté opposé, savoir : à droite pour l'œil gauche, et à gauche pour l'œil droit, précisément comme le donne l'expérience.

§ 10. Si cependant on part de la conception de Reid relativement au mouvement sympathique (§ 2) ; si l'on admet que les axes visuels, dans leur position naturelle, sont parallèles ; il y a un cas, dans notre expérience, qui se refusera à l'explication que nous venons d'adopter. Lorsque l'on fixe des deux yeux un objet éloigné, les axes visuels sont sensiblement parallèles. Cependant le résultat de l'expérience (§ 5) est précisément le même que lorsque l'objet est plus rapproché ; mais, dans ce cas de grand éloignement, l'œil fermé n'a pu, par sa

disposition supposée, changer de situation. Les deux axes visuels étaient déjà parallèles; cet œil n'a donc pu se déplacer pour affecter un parallélisme déjà tout établi par l'action même de fixer. Cette difficulté est insurmontable, en partant de la loi du parallélisme. Essayons donc de nous écarter de cette loi.

§ 11. Nous avons dit (§ 1), et il est tout-à-fait incontestable que les yeux sont affectés d'un mouvement sympathique qui les porte à se suivre en quelque sorte mutuellement. Nous avons reconnu que, dans les cas où l'on tient un objet fixé constamment de l'un de ses yeux, l'autre œil, dès qu'on le ferme, tend à diriger son axe sur le point de mire de l'œil ouvert. Mais quelle est la situation naturelle des axes visuels? Lorsque les yeux ne fixent pas un objet, comment les deux axes sont-ils inclinés l'un sur l'autre? Reid n'hésite pas à prononcer que ces axes sont parallèles; et sur quoi fonde-t-il cette assertion? Sur des expériences qui sont toutes très-concluantes pour établir une approximation, mais nullement un parallélisme rigoureux. Concevons un léger écart de ce parallélisme, une petite divergence des axes dans leur état naturel, et nous verrons disparaître la difficulté qui nous arrêtait. En effet, si ce principe est admis; si les axes visuels divergent; si dans la situation qui leur est propre, qu'ils observent sans effort, à laquelle ils reviennent quand rien ne les oblige à en prendre une autre; si, dis-je, dans cette situation, l'axe de l'œil droit se dirige un peu à droite, celui du gauche un peu à gauche, il doit arriver que l'œil fermé se rapproche de cette position, qu'il abandonne un peu le point de mire de l'œil ouvert pour s'en écarter en

s'éloignant du nez ; et cela doit arriver, soit que les yeux, avant que l'un d'eux fût clos, fixassent un objet voisin, soit qu'ils fixassent un objet éloigné.

§ 12. Examinons de plus près cette supposition de la divergence des axes, qui, au premier coup-d'œil, s'offrira peut-être comme assez étrange ; et d'abord elle entraîne cette conséquence que, pour fixer un objet éloigné (quelle que soit sa distance), il faut quelque effort. Cela ne fera pas objection pour ceux qui auront réfléchi sur l'acte de fixer. Cet acte, soumis à la volonté, suppose toujours un effort ; mais cet effort est presque insensible, et l'on ne s'en aperçoit guère que dans les cas où l'on passe les limites naturelles de la vue, comme lorsqu'on tâche de voir de très-près un objet des deux yeux à la fois. Lorsque le point de mire s'éloigne, il semble que l'on ne fait aucun effort ; on en fait un cependant, mais qui diminue toujours à mesure que les axes approchent du parallélisme. Il n'y a rien d'absurde à supposer que, même dans la situation parallèle qui est celle des axes, lorsqu'on fixe un objet lointain, il faut quelque effort inaperçu pour les maintenir à ce point ; que sans cet effort les axes divergeraient ; que par conséquent l'œil que l'on ferme diverge un peu, et que tout se passe en ce cas comme dans tous les autres cas de l'expérience discutée.

§ 13. On peut faire, en faveur de la supposition de la divergence des axes visuels, quelques argumens directs. Et d'abord un argument analogique : plusieurs espèces animales ont deux yeux, mais placés de manière que les axes ne peuvent pas converger. Quelques espèces les ont plus éloignés de toute convergence, et d'autres moins.

Enfin, chez l'homme, la convergence ou l'acte de fixer des deux yeux est facile; mais en envisageant les deux orbites et les muscles propres à chaque œil, on remarque qu'ils sont, de droite et de gauche, placés de manière à offrir quelque inclinaison divergente et symétrique, plutôt qu'exactement parallèle; en sorte qu'un peu plus d'élévation à la racine du nez, un peu plus d'inclinaison des orbites, produirait une divergence très-sensible des axes. En un mot, le passage de la situation propre aux espèces animales dont je parlais, à la situation des yeux humains est plutôt gradué que brusque. Il y a donc une raison analogique de croire que les muscles en état de repos tiennent les yeux dans une situation qui nécessite quelque légère divergence des axes visuels.

§ 14. Un autre argument m'est fourni par une observation du Dr Wells. Le centre de la pupille coïncide avec celui du cristallin; mais l'un et l'autre sont plus près du nez que l'axe commun de la cornée et du globe. Partons de là, et supposons, si l'on veut, que, dans l'état naturel, c'est-à-dire, sans aucun effort et dans le repos des muscles; supposons, dis-je, que, dans cet état, les axes communs de la pupille et du cristallin de chaque œil soient parallèles entre eux, ou encore supposons que ce soient les axes communs de la cornée et du globe qui observent cet exact parallélisme; on verra résulter de là une divergence, comme je le fais voir en note (1); et ne négligeons pas de remarquer que la supposition du parallélisme des axes optiques (soit de ceux des cornées, soit de ceux des cristallins) est la plus défa-

(1) *Voyez* à la fin, la *note B*.

vorable que l'on puisse faire pour l'explication que nous avons proposée, puisqu'il est comme impossible que, dans l'état d'inaction, les axes convergent; et que s'ils divergent naturellement, tous nos raisonnemens acquièrent une nouvelle force.

§ 15. Considérant donc attentivement le sujet, estimant que de toutes les suppositions par lesquelles le phénomène paraîtrait explicable, il n'y en a qu'une à laquelle l'expérience ne donne pas l'exclusion; ayant reconnu que cette supposition n'offre rien de contradictoire, qu'elle est appuyée par deux argumens, l'un fondé sur l'analogie, l'autre sur une remarque physiologique, je crois pouvoir affirmer comme très-probable que, par une loi de notre nature, jusqu'ici mal analysée, 1° l'acte de fixer est un effort soumis à la volonté; 2° la situation naturelle des axes visuels des deux yeux, lorsqu'ils ne fixent pas, est telle que ces axes ne sont pas parallèles, mais légèrement inclinés, de manière à diverger un peu (1); 3° que, par une disposition primitive, un œil fermé se trouve soumis à l'action de deux forces, dont l'une le porte à prendre sa situation naturelle en rangeant son axe dans un état de divergeance par rapport à l'axe de son associé, et l'autre le porte à fixer le point que fixe celui-ci; d'où résulte une situation intermédiaire.

(*A*) La réduction faite ici de toutes les causes concevables à trois seulement n'est pas arbitraire; mais elle suppose le fait bien observé.

---

(1) *Voyez* à la fin, la *note C*.

Dans une dissertation (1) où il est fait mention de cette expérience (déjà décrite et discutée dans mes *Essais de Philosophie* (2)), on suppose qu'en fermant et rouvrant un œil, l'image que présente l'autre éprouve un déplacement; mais c'est ce qui n'a pas lieu. L'objet vu par l'œil constamment ouvert n'est point déplacé; il reste fixe et immobile, tandis que l'œil qui se rouvre offre une image transposée, qui s'est écartée du point de mire et qui y revient.

Indépendamment de cette erreur en fait, l'explication proposée dans cette dissertation ne peut se soutenir. J'entrerais dans plus de détails sur les défauts de cette explication, si je ne présumais que son jeune auteur, qui annonçait autant d'ardeur que de modestie, ne serait plus actuellement disposé à la défendre (3).

---

(1) *Essai sur la vision binoculaire*, par J.-A. Encontre; Montpellier, 1812.

(2) T. II, p. 182 et suiv.

(3) Cette explication consiste à attribuer le déplacement apparent de l'objet à un changement dans la distance apparente; changement qui doit avoir lieu parce que tantôt on voit d'un œil, et tantôt de deux.

Mais, I. on peut varier l'expérience en ne regardant point des deux yeux (savoir, en ouvrant et fermant chaque œil tour-à-tour), et elle réussit tout aussi-bien.

II. Le jugement sur la distance se fonde (dans cette explication) sur la clarté, c'est-à-dire, sur l'éclairement apparent de l'objet. Mais, 1°) ce moyen de juger ne peut avoir d'emploi dans les petites distances dans lesquelles l'expérience réussit parfaitement. 2°.) On peut s'assurer qu'il n'a ici au-

(*B*) Supposons que les axes communs de la pupille et du cristallin de chaque œil soient parallèles entre eux. Concevons, de part et d'autre, un rayon qui sorte de l'œil, en suivant la direction de cet axe : il coupera la cornée obliquement, et sortira en s'éloignant de la bande comprise entre les axes parallèles. Par conséquent, un rayon entrant dans la pupille ne pourra suivre la direction de ce même axe qu'en se présentant à la cornée, sous une direction qui s'approche de la bande des axes ; en d'autres termes, les rayons, qui de part et d'autre suivront les axes, devront partir d'objets situés, l'un à droite et l'autre à gauche, par rapport à leurs axes, et tous deux hors de la bande des parallèles ; ce qui représente, dans l'effet, la divergence des axes, telle que nous l'avons admise.

Supposons que les axes communs de la cornée et du globe soient parallèles ; en suivant la même route que nous venons de tracer, on trouvera qu'à la vérité l'axe du cristallin se dirige vers l'intérieur de la bande des axes parallèles ; mais qu'en sortant de la cornée, il la

---

cune influence, en éclairant et n'éclairant pas tour-à-tour à volonté. 3°.) La différence de $\frac{1}{13}$ème (qui est celle qu'on a cru observer entre l'éclairement apparent avec un œil et avec les deux yeux) est trop peu de chose pour produire l'écartement observé. 4°.) Cette différence varie en différens individus ; tandis que le résultat de l'expérience est le même pour tous. Nous supprimons toute espèce de développement ; et c'est à regret que nous nous trouvons engagés à exposer la faiblesse d'une explication proposée par un auteur estimable.

coupe obliquement. Le rayon qui sortirait dans cette direction serait réfracté en dehors. Il y aurait donc ici deux causes agissant en sens contraire, sur le résultat desquelles je ne peux donner aucune détermination exacte; mais en considérant que la cornée a un rayon de courbure assez court, et que l'écart des axes de la cornée et du cristallin doit être très-petit, on sera disposé à admettre que le rayon sortant selon l'axe du cristallin s'éloignera de la bande des axes parallèles. D'où l'on verra résulter le même effet que dans la supposition immédiatement précédente.

(*C*) Après être arrivé à cette conclusion, j'ai demandé à un savant physiologiste (Mr J.-P. Maunoir) quelle était la situation respective des axes visuels dans l'état d'inaction ; et il n'a pas hésité à leur attribuer une légère divergence. J'ai eu soin, en le consultant, de ne point le prévenir sur mon opinion à cet égard, et sur les raisons qui la fondent. Sur le cadavre, on trouve une légère divergence des deux globes. Quant aux axes, en supposant que l'axe optique partît du centre de la cornée transparente, pour se terminer précisément sur la tache jaune de Soemmering, sur le trou central de la rétine; les deux axes, dans l'état d'inaction ou de mort, seraient probablement à-peu-près parallèles, ou très-légèrement divergens. Tel est le résultat de l'observation physiologique la plus impartiale; et il est d'autant plus conforme avec la conclusion à laquelle se rapporte cette note, que l'axe optique, ou celui du rayon non dévié, est bien celui qui part du centre de la rétine.

Je ne sais si l'on pourrait confirmer ce résultat par une

observation pathologique. J'ai rapporté ailleurs (1) une observation du D[r] Wells relative à un cas de strabisme. Le sujet de cette observation avait les axes divergens ; ils se coupaient derrière la racine du nez, lors même que le malade était occupé à voir. Un tel argument serait sans force s'il était seul ; car un cas de maladie ne peut être comparé avec confiance à l'état habituel de santé ; mais peut-être concourt-il avec les autres argumens, en établissant la possibilité d'une divergence.

Sur *la Densité moyenne de la terre.*

Par M. de Laplace.

Un des points les plus curieux de la géologie est le rapport de la moyenne densité du sphéroïde terrestre à celle d'une substance connue. Newton, dans ses principes mathématiques de la philosophie naturelle, a donné le premier aperçu que l'on ait publié sur cela. Cet admirable ouvrage contient les germes de toutes les grandes découvertes qui ont été faites depuis sur le système du monde ; l'histoire de leur développement par les successeurs de ce grand géomètre serait à la fois le plus utile commentaire de son ouvrage, et le meilleur guide pour arriver à de nouvelles découvertes. Voici le passage de cet ouvrage sur l'objet dont il s'agit, tel qu'il se trouve dans la première édition et dans les suivantes :

(1) *Essais de philosophie*, t. I, p. 180.

« J'établis ainsi que le globe terrestre est plus dense
» que l'eau. S'il en était entièrement formé, tous les
» corps plus rares s'élèveraient et surnageraient à la sur-
» face, à raison de leur moindre gravité spécifique.
» Ainsi, le globe de la terre, supposé recouvert en en-
» tier par les eaux, s'il était plus rare qu'elles, se décou-
» vrirait quelque part, et les eaux des parties décou-
» vertes se rassembleraient dans la région opposée. La
» même chose doit avoir lieu pour notre terre, en grande
» partie recouverte par l'Océan. Si elle était moins
» dense que lui, elle en sortirait par sa légèreté, les
» eaux se portant alors vers les régions opposées. Par la
» même raison, les taches solaires sont plus légères
» que la matière lumineuse sur laquelle elles surnagent;
» et dans la formation quelconque des planètes, les ma-
» tières les plus denses se sont portées vers le centre
» lorsque toute la masse était fluide. Ainsi, la couche
» supérieure de la terre étant à-peu-près deux fois plus
» dense que l'eau, et les couches inférieures devenant,
» à mesure qu'elles sont plus profondes, trois, quatre et
» même cinq fois plus denses; il est vraisemblable que
» la masse entière de la terre est cinq ou six fois plus
» grande que si elle était formée d'eau. »

Les théories de la figure des planètes et des oscillations des fluides qui les recouvrent, considérablement perfectionnées depuis Newton, ont confirmé cet aperçu. Elles établissent que, pour la stabilité de l'équilibre des mers, leur densité doit être moindre que la moyenne densité de la terre, comme je l'ai fait voir dans le quatrième livre de la *Mécanique céleste*. Malgré les irrégularités que présentent les degrés mesurés des méridiens,

ils indiquent cependant un aplatissement moindre que celui qui convient à l'homogénéité de la terre; et la théorie prouve que cet aplatissement exige, dans les couches terrestres, une densité croissante de la surface au centre. Pareillement, les expériences du pendule, plus précises et plus concordantes que les mesures des degrés, indiquent un accroissement de la pesanteur, de l'équateur aux poles, plus grand que dans le cas de l'homogénéité. Un théorème remarquable auquel je suis parvenu (tome II des nouveaux *Mémoires de l'Académie des Sciences*) rend ce résultat indépendant de la figure continue ou discontinue du sphéroïde terrestre, des irrégularités de sa surface, de la manière dont elle est recouverte en grande partie par la mer, et de la densité de ce fluide.

Si l'on imagine un fluide très-rare, et qui, en s'élevant à une petite hauteur, enveloppe la terre entière et ses montagnes, ce fluide prendra un état d'équilibre; et j'ai fait voir dans le tome cité, que les points de sa surface extérieure seront tous également élevés au-dessus de la mer. Les points intérieurs des continens, autant abaissés que ceux de la surface de la mer, au-dessous de la surface supérieure du fluide supposé, forment, par leur continuité, ce que je nomme *niveau prolongé de la mer*. La hauteur d'un point des continens au-dessus de ce niveau sera déterminée par la différence de pression du fluide, à ce point et au niveau de la mer, différence que les observations du baromètre feront connaître; car notre atmosphère, supposée réduite par-tout à sa densité moyenne, devient le fluide que nous venons d'imaginer.

Cela posé; concevons que la terre soit un sphéroïde quelconque homogène et recouvert en partie par la mer, et prenons pour unité la longueur du pendule à secondes, à l'équateur et au niveau des mers. Si à la longueur de ce pendule, observée à un point quelconque de la surface du sphéroïde, on ajoute la moitié de la hauteur de ce point au-dessus du niveau de l'Océan, divisée par le demi-axe terrestre; l'accroissement de cette longueur ainsi corrigée, de l'équateur aux poles, sera égal au produit du carré du sinus de la latitude, par cinq quarts du rapport de la force centrifuge, à la pesan teur à l'équateur, ou par quarante-trois dix millièmes.

Les expériences multipliées du pendule, faites dans les deux hémisphères, et réduites au niveau de la mer, s'accordent à donner au carré du sinus de la latitude, un coefficient qui surpasse 43 dix millièmes, et à fort peu-près égal à 54 dix millièmes; il est donc bien prouvé par ces expériences, que la terre n'est point homogène, et que les densités de ses couches croissent de la surface au centre.

J'ai fait voir, dans le tome cité, que les inégalités lunaires dues à l'aplatissement de la terre, et les phénomènes de la précession et de la nutation, conduisent au même résultat qui ne doit ainsi laisser aucun doute. Mais tous ces phénomènes, en indiquant une densité moyenne de la terre, supérieure à celle de l'eau, ne donnent point le rapport de ces densités. Des expériences sur l'attraction des corps à la surface de la terre peuvent seules déterminer ce rapport. Pour y parvenir, on a d'abord essayé de mesurer l'attraction de hautes montagnes. Cet objet a fixé particulièrement l'attention des

académiciens français envoyés au Pérou pour y mesurer un degré du méridien. Cette attraction peut se manifester, soit par le pendule, dont elle accélère la marche, soit par la déviation qu'elle produit dans la direction du fil à plomb des instrumens astronomiques. Ces deux moyens ont été employés au Pérou. Il résulte de la comparaison des expériences du pendule faites à Quito et au bord de la mer, que, par l'action des Cordillères, la pesanteur à Quito est plus grande qu'elle ne doit être, si l'on ne considère que l'élévation de Quito; et que cela indique, dans ces montagnes, une densité à-peu-près égale au cinquième de la moyenne densité de la terre. Les déviations du fil à plomb ont donné un résultat peu différent; mais l'ignorance où l'on est de la constitution intérieure de ces montagnes, la certitude que l'on a qu'elles sont volcaniques, jointe à l'incertitude des observations, ne permettent pas de prononcer sur la vraie densité spécifique de la terre. On a donc cherché une montagne assez considérable dont la constitution intérieure fût bien connue : le mont Schehallien en Ecosse a paru réunir ces avantages. M. Maskeline observa les déviations du fil à plomb d'un instrument astronomique, des deux côtés opposés de ce mont, et il trouve leur somme égale à $11'',6$; mais il fallait ensuite déterminer la somme des attractions de toutes les parties de la montagne sur le fil; ce qui exigeait un calcul délicat, long et pénible, et l'invention d'artifices particuliers propres à le simplifier et à le rendre très-précis. Tout cela fut exécuté de la manière la plus satisfaisante, par M. Hutton, géomètre illustre, auquel les sciences mathématiques sont redevables d'ailleurs d'un grand

nombre de recherches importantes. Son travail sur l'objet dont il s'agit, a été couronné par la Société royale de Londres, qui avait déterminé l'auteur à l'entreprendre. Il en résulte que la densité de la terre est à celle de la montagne dans le rapport de 9 à 5. Pour avoir le rapport de la densité de la montagne à celle de l'eau, M. Playfair fit un examen lithologique de cette montagne. Il la trouva formée de roches dont la densité spécifique ou relative à celle de l'eau, varie de 2,5 à 3,2, et il jugea que celle de la montagne est entre 2,7 et 2,8; ce qui donne à fort peu-près 5 pour la moyenne densité spécifique de la terre.

M. Michell, de la Société royale de Londres, imagina un appareil propre à rendre sensible et à mesurer l'attraction de très-petits corps, tels que des sphères en plomb, d'un ou deux centimètres de rayon; mais il ne vécut pas assez pour le mettre en expérience. Cet appareil fut transmis à M. Cavendish, qui le changea considérablement pour éviter toutes les causes d'erreur dans la mesure d'aussi faibles attractions. La pièce fondamentale de l'appareil est la balance de torsion que mon savant confrère Coulomb a inventée de son côté, qu'il a le premier publiée, et dont il a fait de si heureuses applications à la mesure des forces électriques et magnétiques. En examinant avec une scrupuleuse attention l'appareil de M. Cavendish, et toutes ses expériences exécutées avec la précision et la sagacité qui caractérisent cet excellent physicien, je ne vois aucune objection à faire à son résultat, qui donne 5,48 pour la densité moyenne de la terre : c'est le milieu de vingt-neuf expériences, dont les extrêmes sont 4,88 et 5,79. Si l'on applique

à ce résultat les formules de ma *Théorie analytique des probabilités*, on trouvera qu'il y a une très-grande probabilité que l'erreur est extrêmement petite. Ainsi, l'on peut, d'après ces expériences, confirmées par les observations faites sur le mont Schehallien, regarder la moyenne densité spécifique de la terre, comme bien connue et à très-peu près égale à 5,48 ; ce qui confirme l'aperçu de Newton.

Ces expériences et ces observations mettent en évidence l'attraction réciproque des plus petites molécules de la matière, en raison des masses divisées par le carré des distances. Newton l'avait conclue du principe de l'égalité de l'action à la réaction, et de ses expériences sur la pesanteur des corps, qu'il trouva, par les oscillations du pendule, proportionnelle à leur masse. Malgré cette preuve, Huyghens fait plus qu'aucun autre contemporain de Newton pour bien l'apprécier, rejeta cette attraction de la matière, de molécule à molécule, et l'admit seulement entre les corps célestes ; mais, sous ce dernier rapport, il rendit aux découvertes de Newton la justice qui leur était due. Au reste, la gravitation universelle n'avait pas, pour les contemporains de Newton, et pour Newton lui-même, toute la certitude que les progrès des sciences mathématiques, qui lui sont dus principalement, et les observations subséquentes lui ont donnée ; et l'on peut justement appliquer à cette découverte, la plus grande qu'ait faite l'esprit humain, ces paroles de Cicéron : *Opinionum commensa delet dies, naturæ judicio confirmat.*

EXPERIMENTA CIRCA EFFECTUM, etc. *Expériences sur l'effet du conflict électrique sur l'aiguille aimantée.*

PAR Mr J. CHR. OERSTED,

Professeur de physique dans l'Université de Copenhague.

(*Traduction.*) (1)

LES premières expériences sur l'objet que j'entreprends d'éclaircir ont été faites dans les leçons que j'ai données, l'hiver dernier, sur l'électricité et le magnétisme. Elles ont montré en général que l'aiguille aimantée changeait de direction par l'influence de l'appareil voltaïque; et que cet effet avait lieu lorsque le circuit était formé, et

---

(1) Cet article, qui doit paraître dans le prochain Cahier de la *Bibliothèque universelle*, m'avait été communiqué, à Genève, par M. Pictet; depuis, plusieurs savans de Paris l'ont aussi reçu directement de l'auteur. Les lecteurs des *Annales* auront remarqué que nous n'accueillons pas, en général, trop à la légère, les annonces des découvertes extraordinaires, et jusqu'ici nous n'avons eu qu'à nous applaudir de cette réserve; mais à l'égard du Mémoire de M. OErsted, les résultats qu'il renferme, quelque singuliers qu'ils puissent paraître, sont accompagnés de trop de détails pour donner lieu à aucun soupçon d'erreur. J'ajouterai d'ailleurs que M. le professeur de La Rive, de Genève, qui a découvert lui-même des phénomènes extrêmement curieux avec les puissantes piles voltaïques qu'il possède, ayant bien voulu me permettre d'assister à la vérification qu'il a faite des expériences de M. OErsted devant MM. Prévost, Pictet,

non lorsqu'il était interrompu; procédé que des physiciens célèbres avaient vainement essayé il y a quelques années. Mais comme mes expériences avaient été faites avec un appareil peu énergique, et dont l'effet n'était pas aussi frappant que l'importance du fait à établir le méritait, j'invitai mon ami Esmarch, conseiller de justice de S. M., à se joindre à moi pour les répéter avec un appareil plus considérable. Nous eûmes encore pour associé et témoin M. le chevalier Vlengel, les savans MM. Hauch, Reinhardt, professeurs d'histoire naturelle, Jacobsen, professeur de médecine et très-habile chimiste, et Zeize, professeur de philosophie. J'ai fait aussi quelques expériences, à moi seul; et lorsqu'elles m'apprenaient quelque chose de nouveau, j'avais soin de les répéter en présence de ces hommes éminens dans la science.

---

de Saussure, Marcet, de Candolle, etc., j'ai pu me convaincre moi-même de l'exactitude des résultats principaux donnés par le savant Danois, savoir : 1° qu'un fil métallique en communication avec les deux poles de la pile agit sur l'aiguille aimantée; 2° que la nature de cette action dépend, sinon de la position de la pile, du moins de la direction dans laquelle les fluides positif et négatif se meuvent dans le fil conducteur, relativement aux poles de l'aiguille; 3° *que si le fil conducteur est placé au-dessous de l'aiguille, il produira une déviation en sens inverse de celle qu'il occasionait quand il était au-dessus*. M. de La Rive a fait les expériences, tantôt en tenant l'aiguille seule sous le récipient d'une machine pneumatique, tantôt en y plaçant à la fois l'aiguille et le fil conducteur : les résultats ont toujours été les mêmes. (A.)

Dans les détails qui vont suivre, j'omettrai tout ce qui m'a conduit à la découverte, et je me bornerai aux faits qui la constatent.

Notre appareil voltaïque était composé de vingt loges de cuivre rectangulaires contiguës, dont la longueur et la hauteur étaient d'environ 12 pouces, et la largeur d'environ 2 pouces et demi. Chaque loge est formée de deux lames de cuivre inclinées, de manière qu'elles puissent porter la baguette de cuivre qui soutient la lame de zinc dans l'eau de la loge voisine (1). L'eau dont on remplit les loges contient $\frac{1}{60}$ de son poids d'acide sulfurique, et un autre soixantième d'acide nitrique. La portion de chaque lame de zinc plongée dans ce liquide est un carré dont le côté est d'environ 10 pouces. On peut employer des appareils moins puissans, il suffit qu'ils soient capables de faire rougir un fil de métal.

On met en communication les poles opposés de l'appareil voltaïque, par un fil de métal que nous appellerons, pour abréger, le fil *conducteur* ou *conjonctif*; et nous désignerons l'effet qui se manifeste dans ce conducteur et autour de lui pendant l'action voltaïque, par l'épithète de *conflict électrique.*

Qu'on suppose maintenant que la partie rectiligne de ce fil soit horizontale, et placée au-dessus et parallélement à une aiguille de boussole librement suspendue. Il faut, de plus, que l'appareil soit constitué de ma-

---

(1) Cette description n'est pas claire; mais toutes les piles, quelle que soit leur construction, produisent les mêmes effets.

nière qu'on puisse à volonté fléchir le fil conjonctif pour donner à sa partie active la position qu'exige l'expérience.

Dans celle qu'on vient de supposer, l'aiguille aimantée se mouvra, de manière que, sous la partie du fil conjonctif qui est la plus rapprochée du pole négatif de l'appareil, elle déclinera vers l'ouest.

Si le fil n'est pas à plus de trois quarts de pouce de l'aiguille, la déclinaison de celle-ci fait un angle d'environ 45 degrés. Si l'on augmente la distance, l'angle décroît à proportion. D'ailleurs, la quantité absolue de cette déviation varie selon que l'appareil est plus ou moins puissant.

On peut changer la direction du fil conjonctif vers l'est ou vers l'ouest, pourvu qu'il demeure parallèle à l'aiguille, sans autre changement dans le résultat que sous le rapport de son étendue; d'où il suit que l'effet ne peut pas être attribué à l'attraction; car le même pole de l'aiguille qui se rapproche du fil conjonctif lorsqu'il est du côté oriental, devrait s'en éloigner lorsqu'on le place du côté occidental, si ces déclinaisons dépendaient d'attractions ou de répulsions. Le conducteur peut être composé de plusieurs fils ou bandelettes réunies en faisceau. L'espèce du métal qu'on y emploie ne change pas l'effet, mais elle influe peut-être sur son étendue. Nous avons employé avec un égal succès des fils de platine, d'or, d'argent, de laiton et de fer; des bandelettes de plomb et d'étain, et du mercure. Lorsqu'on interrompt le circuit par de l'eau, le conducteur ne perd pas tout son effet, à moins que son interruption n'ait lieu sur un espace de plusieurs pouces.

L'effet du fil conjonctif sur l'aiguille aimantée a lieu au travers du verre, des métaux, du bois, de l'eau, de la résine, des vases de terre cuite et des matières pierreuses. Toutes ces substances interposées entre le conducteur et l'aiguille ne paraissent pas diminuer sensiblement l'influence de l'un sur l'autre. Il en est de même si l'on interpose entre eux le disque d'un électrophore, une bande de porphyre, une soucoupe pleine d'eau. Nous avons éprouvé que la même influence s'exerce sur l'aiguille lorsqu'elle est placée dans une boîte de laiton remplie d'eau. Il n'est pas nécessaire de remarquer que le passage de l'électricité, ou ordinaire, ou voltaïque, au travers de ces diverses substances, n'avait pas encore été observé. Ainsi, les effets qui se manifestent dans le conflict électrique sont très-différens de ceux que l'action de l'un ou de l'autre pole, considérés séparément, peuvent produire.

Si le fil conjonctif est disposé horizontalement *sous* l'aiguille, les effets sont de même nature que ceux qui ont lieu quand il est au-dessus d'elle; mais ils s'opèrent dans une direction inverse, c'est-à-dire que le pole de l'aiguille sous lequel se trouve la partie du fil conjonctif qui reçoit l'électricité négative de l'appareil décline alors vers l'orient.

Pour se rappeler plus facilement ces résultats, on peut les rattacher à cette formule, savoir : que « le pole au-dessus duquel entre l'électricité négative décline vers l'occident, et vers l'orient, si elle entre au-dessous de lui. »

Si le fil conjonctif (toujours supposé horizontal) est tourné graduellement de manière à former un angle de

plus en plus grand avec le méridien magnétique, la déclinaison de l'aiguille s'augmente si le mouvement du fil tend vers le lieu de l'aiguille troublée; elle diminue au contraire, s'il s'en éloigne.

Lorsque le fil conjonctif horizontal est rendu parallèle à l'aiguille (équilibrée par un petit curseur ou contre-poids), il ne la fait décliner ni à l'est ni à l'ouest; mais il l'incline dans un plan vertical, de manière que le pole près duquel l'action négative de la pile s'exerce sur le fil s'abaisse quand le fil est situé du côté occidental, et s'élève quand il est du côté oriental.

Si l'on dispose le fil conjonctif, soit au-dessus, soit au-dessous de l'aiguille, dans un plan perpendiculaire au méridien magnétique, elle demeure en repos; à moins que le fil ne soit très-voisin du pole de l'aiguille; car, dans ce cas, il s'élève quand l'entrée a lieu par la partie occidentale du fil, et il s'abaisse lorsqu'elle a lieu par la partie orientale.

Lorsqu'on dispose le fil conjonctif perpendiculairement vis-à-vis le pole de l'aiguille, et que l'extrémité supérieure du fil reçoit l'électricité du côté négatif de l'appareil, le pole de l'aiguille se meut vers l'orient; mais si on place le fil vis-à-vis d'un point entre le pole et le milieu de l'aiguille, elle marche à l'occident. Les phénomènes se présentent dans l'ordre inverse quand l'extrémité supérieure du fil conjonctif reçoit l'électricité du côté positif de l'appareil.

Si l'on recourbe le fil conjonctif jusqu'à rendre parallèles les deux parties après la courbure, alors il repousse ou attire les deux poles magnétiques, selon les circonstances. Si l'on dispose le fil relativement à l'un

ou l'autre pole de l'aiguille, de manière que le plan vertical qui sépare les deux côtés parallèles du fil soit perpendiculaire au méridien magnétique, et qu'alors on joigne la branche orientale du fil à l'extrémité négative de l'appareil, et la branche occidentale à l'extrémité positive, on verra que le pole de l'aiguille le plus voisin sera repoussé vers l'orient, ou vers l'occident, selon la situation du plan des branches. Lorsqu'on fait communiquer la branche orientale du fil avec le côté positif de l'appareil, et sa branche occidentale avec le côté négatif, le pole le plus voisin est attiré. Quand le plan des branches du fil est perpendiculaire à l'aiguille dans un point équidistant du centre et de son pole, on a les mêmes effets, mais dans des directions inverses.

Une aiguille de laiton suspendue à la manière de celles d'acier n'est point mise en mouvement par l'influence du fil conjonctif. Il en est de même d'une aiguille faite de verre ou de gomme lacque.

Considérons pendant quelques instans l'ensemble de ces phénomènes.

Le conflict électrique n'agit que sur les particules magnétiques de la matière. Tous les corps non magnétiques sont perméables au conflict électrique ; mais les corps magnétiques, ou, pour mieux dire, les particules magnétiques de ces corps, résistent au passage de ce conflict, de manière à pouvoir être mises en mouvement par l'action de ces forces qui luttent ensemble.

Il paraît, d'après les faits exposés, que le conflict électrique n'est pas renfermé dans le fil conducteur, mais qu'il a autour de lui une sphère d'activité assez étendue.

On peut aussi conclure des observations, que ce conflict agit en tournoyant; car, sans cette supposition on ne comprendrait pas comment la même portion du fil conjonctif, qui, placée en dessous du pole magnétique, porte l'aiguille vers l'orient, la pousserait vers l'occident lorsqu'elle est au-dessus de ce pole. Mais telle est la nature de l'action circulaire, que les mouvemens qu'elle produit ont lieu dans des directions précisément contraires aux deux extrémités d'un même diamètre. Il paraît encore que le mouvement circulaire, combiné avec le mouvement progressif dans le sens de la longueur du fil conjonctif, doit former un genre d'action qui s'exerce en hélice autour de ce fil comme axe. Toutefois cette remarque ne contribue nullement à l'explication des phénomènes observés.

Tous les effets exposés tout-à-l'heure relativement au pole nord de l'aiguille s'expliqueront aisément en supposant que la force, ou la matière négativement électrique, parcourt une spirale fléchie de gauche à droite; qu'elle pousse le pole nord, et qu'elle n'agit pas sur le pole sud. De même, on expliquera les effets sur ce dernier, en accordant à cette force ou à cette matière électriquement négative un mouvement dans une direction contraire, et la faculté d'agir sur le pole sud, et non sur le pole nord. On comprendra mieux l'accord de cette loi avec les effets observés, en répétant les expériences qu'en cherchant à développer plus longuement l'explication. On l'aurait rendue plus claire si on avait pu s'aider de figures pour désigner les directions des forces électriques autour du fil conducteur.

Je n'ajouterai qu'une considération; j'ai démontré,

dans un ouvrage publié il y a sept ans, que le calorique et la lumière composaient le conflict électrique. On peut conclure légitimement des observations que je viens de rapporter, que ces effets ont lieu par des mouvemens gyratoires; je me persuade que ces faits peuvent contribuer à éclaircir ceux qui ont rapport à ce qu'on appelle la polarité de la lumière.

EXTRAIT *des Seances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 3 *juillet* 1820.

M. PHILIPPON présente un appareil qu'il nomme *garde-robe inodore.*

M. Girault adresse, de la part d'un de ses amis, l'extrait d'un *Traité de physique élémentaire* basé sur la théorie des volcans.

M. Dubois Aimé, correspondant de l'Académie des Belles-Lettres, communique un *Mémoire sur le Crau,* d'où il résulte que cet amas de cailloux passe sous les terrains calcaires voisins, et qu'ils sont formés par la mer.

M. Ferrand adresse un *Projet de direction des aérostats.*

Des commissaires ont été nommés pour faire des rapports sur les quatre écrits que nous venons de mentionner.

M. Arago communique une lettre qu'il vient de recevoir de M. Freycinet; en voici quelques passages :

« ..... Les observations que nous faisons en courant le monde sont beaucoup trop nombreuses pour que je puisse seulement songer à vous en envoyer le résumé; je vous ai adressé cependant, de l'Ile-de-France, mes premières observations du pendule; nous en avons fait d'intéressantes à Rawak, près de Waigiou, par 0°.1'.34" de latitude sud; je regrette de ne pouvoir pas vous en envoyer un extrait. A peine ai-je eu le loisir de rassembler tant bien que mal les principaux résultats des observations magnétiques que nous avons faites sur le même point. Je vous prie de recevoir avec indulgence ce manuscrit incomplet; vous trouverez plusieurs colonnes en blanc dans les tableaux d'observations d'intensité; elles sont destinées à recevoir le détail du calcul de ces oscillations : le temps m'a manqué absolument pour les achever moi-même; mais il est facile d'y suppléer, puisque je vous en envoie tous les élémens. Je desire que cette partie de nos travaux vous paraisse remplir les vues des physiciens, et que l'on nous sache gré au moins de notre zèle et de nos soins assidus.

» Les dernières lettres que j'ai adressées en Europe étaient datées de Coupang, sur l'île de Timor. Ma navigation jusque-là, si l'on en excepte un léger échouage sur un banc de sable dans la baie des Chiens-Marins, n'avait rien offert de malheureux. Les grandes chaleurs que nous éprouvâmes à Coupang, où le thermomètre s'élevait parfois à 45 degrés, ne tardèrent pas à développer chez quelques-uns de mes compagnons de voyage cette dyssenterie affreuse qui ne pardonne que bien rarement à ceux qu'elle attaque. Je partis, en comptant au nombre de mes malades mon second lieutenant,

M. Labiche, qui, après avoir souffert pendant quatre mois, est mort véritable martyr des sciences, qu'il a voulu servir jusqu'à ses derniers momens avec un zèle que l'on doit appeler inconsidéré. Ce n'est pas que les moyens sanitaires manquassent à bord; nous étions pourvus abondamment de toutes choses, et l'équipage était nourri avec une attention plus qu'ordinaire; mais il est des bornes même à la médecine préservatrice, et l'hygiène des pays équatoriaux offre encore bien des problêmes à résoudre, surtout dans ses applications aux Européens. Je visitai, en faisant route pour Waigiou, une peuplade singulière et féroce de l'île Ombay, île que les Européens ne connaissent guère, et dont les habitans, qui ne sont point Malais, vivent indépendans. Je mouillai à Diély, chef-lieu des établissemens portugais sur la côte nord de Timor, et j'y obtins des renseignemens curieux. En quittant cette rade, je me rendis, en traversant l'archipel des Moluques, au havre de Rawak, point que j'avais choisi, parce qu'il est presque exactement sous l'équateur, pour être le théâtre de mes observations. Cette traversée ne fut pas sans difficultés, principalement lorsque j'approchai des îles si peu connues des Papous. Je me trouvai même inopinément, une nuit, sur un banc de roche où je fus obligé de mouiller, et dont je n'échappai, après du calme, qu'avec un orage des plus sévères. De nombreux travaux géographiques donneront, je l'espère, quelque intérêt à cette partie de mon voyage; tandis que nos collections d'histoire naturelle, nos recherches sur les mœurs, les usages et la langue des peuples diminueront la sécheresse que pourrait offrir pendant nos relâches, l'exposé de nos observations de

physique et d'astronomie : les nombreux dessins de votre frère ajouteront à l'intérêt en embellissant nos travaux.

» Je quittai Rawak avec l'intention de prolonger la ligne le plus à l'est qu'il me serait possible, pour examiner si je ne rencontrerais point quelque nouveau nœud de l'équateur magnétique ; il n'en existe point depuis Rawak jusqu'à la Nouvelle-Bretagne. Je ne pus m'avancer plus à l'est pour le moment, parce que ma traversée était déjà bien longue, mes ressources en vivres fort diminuées, les chaleurs excessives, et le nombre de mes malades considérable. Je cinglai donc au nord pour me rapprocher de Guam, qui était notre port de salut. Je coupai l'équateur magnétique près des îles Carolines, c'est-à-dire, beaucoup plutôt que je ne m'y attendais, puisque je croyais ne le rencontrer que près de Guam. Les Carolinais sont un peuple aimable et doux qui mériterait d'être mieux connu ; j'ai admiré leurs magnifiques pirogues, que le rédacteur du *Voyage* de lord Anson a horriblement décrites quoiqu'en apparence avec tant de soin. Je pense que je pourrai publier quelque chose de plus précis à cet égard, quelque rapide qu'ait été ma navigation dans ces parages.....

» Il faut avoir été long-temps sur mer, livré à de cruelles privations, pour imaginer les sensations que le navigateur éprouve alors qu'il arrive dans une relâche réparatrice. La vue du premier canot qui apporte des vivres frais met, pour ainsi dire, le plus sage dans le délire ; on court, on se précipite sur ces nouveaux trésors, et l'imagination ravie ajoute encore de nouveaux charmes à ce que l'on reçoit. Le gouverneur de Guam,

D. *José Medinilla*, nous envoya des rafraîchissemens avant même que nous fussions à l'ancre : voilà sans doute un premier titre à notre amitié ; mais son accueil flatteur, ses attentions soutenues et les facilités qu'il nous accorde pour nos travaux, lui donnent des droits plus réels et plus durables à notre reconnaissance et à notre estime.

» Je ne compte pas quitter Guam avant une quinzaine de jours, temps nécessaire pour rétablir mes malades, et faire la série d'observations dont je suis chargé. Je partirai de là pour les îles Sandwich, et j'arriverai au port Jackson au plus tard dans le courant de septembre ; j'espère pouvoir vous écrire de nouveau de ce point. »

M. Girard continue la lecture de son *Mémoire sur la Construction des canaux*. (*Voyez* le précédent Cahier.)

M. Latreille lit des *Observations sur des appendices particuliers du thorax de divers insectes.*

M. Moreau de Jonnès présente un *trigonocéphale fer de lance de la Martinique.*

Séance du lundi 10 *juillet.*

M. de La Borne dépose un paquet cacheté portant pour suscription : *Application de la théorie de la chaleur.*

M. Duméril fait un rapport sur le Mémoire que M. le Dr Dumoulin avait présenté à l'Académie.

L'objet principal de l'auteur, était de prouver que l'excès de sensibilité constamment observable dans le marasme, ou dans l'amaigrissement qui est le résultat des maladies aiguës ou chroniques, ne doit pas être at-

tribué à l'affaiblissement du système nerveux, et dépend, au contraire, de l'intégrité maintenue à ce système, au milieu de la consomption universelle des autres tissus.

Les conclusions du rapport sont que « l'Académie » doit engager M. Dumoulin à réunir un plus grand » nombre d'observations positives à l'appui de ses » opinions. »

M. Duméril fait un second rapport sur deux *Mémoires* de M. le Dr Gerardin *relatifs à la fièvre jaune.*

Les commissaires ont été d'avis que l'Académie ne devait pas se prononcer sur la distinction que M. Gerardin cherche à établir entre la fièvre jaune sporadique et la fièvre jaune épidémique : quant aux réflexions de ce médecin sur l'hygiène navale, elles pourront être de quelque utilité à la médecine et même au Gouvernement.

M. Arago entre dans quelques détails sur les observations de M. Freycinet qui accompagnaient la lettre de ce navigateur dont il donna lecture lundi dernier.

M. Arago communique plusieurs déterminations de latitude et de longitude obtenues par M. Caillaud, dans l'Oasis de Karjé, au grand temple où il est resté un mois et demi. M. Jomard donne quelques détails sur les courses qu'a déjà faites cet intrépide voyageur, et sur celles qu'il se propose de faire encore.

M. de Humboldt lit un *Mémoire sur la Limite des neiges perpétuelles.* (Il a été imprimé dans le Cahier du mois de mai dernier.)

Séance du lundi 17 juillet.

M. *Agatino-Sanmartino* adresse un *Mémoire* italien *sur les Principes fondamentaux des fonctions analytiques de Lagrange.* (Renvoyé à des commissaires.)

Le Ministre de l'Intérieur transmet une ordonnance royale qui autorise l'Académie à accepter une somme de 7000 francs, offerte par un anonyme, pour être ajoutée à la fondation d'un prix de physiologie expérimentale déjà institué par une autre ordonnance du 22 juillet 1818.

M. Canard adresse le dessin et la description de deux machines de son invention, qu'il nomme *girouetine* et *remigine.* (Il sera fait un rapport.)

M. Chevreul lit un *Essai général sur les corps gras.* (Nous espérons pouvoir l'insérer dans les *Annales* quand les commissaires auront fait leur rapport.)

M. Brochant fait un rapport sur le *Traité de Physique* présenté par M. Girault. Cet ouvrage ne paraît mériter aucune attention.

Séance du lundi 24 juillet.

On lit une lettre de M. Hachette annonçant un nouveau *Traité de géométrie descriptive*; la lettre est accompagnée d'un volume de planches déjà gravées. L'Académie nomme des commissaires pour examiner ce travail.

Au nom d'une Commission et sur la demande du Ministre de l'Intérieur, M. Gay-Lussac fait un *rapport sur les nouveaux paratonnerres de M. Lapostolle.*

M. Lapostolle propose, dans son Mémoire, de substituer aux paratonnerres ordinaires, des cordes de paille terminées par des pointes métalliques. Il a été asez heureux, dit-il, pour découvrir que les métaux ne sont pas les canaux qui offrent à la foudre le passage le plus facile pour regagner le centre de la terre, et qu'ils lui opposent, au contraire, une résistance que caractérisent les phénomènes lumineux des pointes saillantes des paratonnerres pendant les orages qui passent à leur zénith. Une longue suite d'expériences m'a démontré, ajoute M. Lapostolle, que les cordes d'écorce de tilleul, de chanvre, de paille surtout, parfaitement desséchées, offrent à la foudre le passage le plus facile comme le moins dangereux. Cette étonnante propriété est telle qu'un homme qui pourrait être foudroyé parce qu'il est mauvais conducteur, est hors de tout danger s'il porte dans la main un bout de corde de paille de 8 pouces de long.

Est-il nécessaire, après ces citations, de dire encore que, suivant M. Lapostolle, l'électricité est un fluide qui détonne comme le gaz hydrogène; qu'il est l'âme de notre vie, *car* la seule respiration des animaux, dans l'air d'un appartement bien fermé, absorbe l'électricité qu'il contient; que c'est lui qui vient, tous les printemps, porter le mouvement dans les plantes engourdies; qu'il est pour les végétaux ce que l'amour est pour les êtres sensibles, etc.? Nous ne serions même entrés, à ce sujet, dans aucun détail si les feuilles publiques n'avaient parlé de la proposition de M. Lapostolle comme d'une importante découverte. Nous ajouterons, en terminant, que les commissaires (MM. Charles et Gay-

Lussac) ont jugé que le Mémoire n'était pas digne de l'attention de l'Académie : cette conclusion a été adoptée.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire lit un *Mémoire* intitulé : *De l'Os carré des oiseaux sous le rapport de sa composition ; des quatre élémens qui le constituent, et de l'existence de tous dans tous les animaux vertébrés, et nommément dans l'homme.*

M. Tessier lit un *Mémoire sur l'Importation des chèvres de Cachemire.*

M. Biot lit un *Mémoire sur les Propriétés optiques de la chaux carbonatée magnésifère*, vulgairement appelée *bitter-spath*. (*Voyez* ce volume, p. 192.)

Séance du lundi 31 *juillet.*

On nomme des commissaires pour examiner un *pendule moteur* de M. Paris.

M. Bertin lit un *Mémoire sur les Lésions et dilatations du cœur.* (Renvoyé à une Commission.)

M. Paravey commence la lecture d'un *Mémoire sur la Sphère de la Haute-Asie, comparée à celle des peuples les plus connus de l'antiquité.*

Séance du lundi 7 *août.*

M. Portal lit un *Mémoire sur les Anterites ou inflammations des intestins qui proviennent des maladies du foie.*

M. Paravey continue la lecture de son Mémoire.

Séance du lundi 14 août.

M. Latreille lit un *Mémoire* intitulé : *Affinité des trilobites.*

On avait consulté l'Académie pour savoir si l'usage des tuyaux de poêle en cuivre peut être nuisible à la santé ; la Commission nommée à cet effet répond négativement.

M. Navier lit un *Mémoire sur la Flexion des plans élastiques*, qui est renvoyé à l'examen d'une Commission.

On nomme, au scrutin, la Commission qui doit présenter une liste de candidats pour la place d'associé étranger vacante par la mort de Sir Joseph Banks. Elle est composée de MM. Laplace, Delambre, Biot, Cuvier, Berthollet et Lacépède.

M. Paravey continue la lecture de son *Mémoire.*

Sur *l'Annonce d'un nouveau micromètre, insérée dans les Journaux anglais.*

Le *philosophical Magazine* du mois de juin 1820, et l'*Edimburgh philosophical Journal* de juillet, ont annoncé que le révérend Dr Pearson avait lu à la *Société astronomique de Londres*, la description d'un nouveau micromètre *de son invention*, destiné à la mesure des angles très-petits. L'instrument se compose, ajoute-t-on, d'un oculaire à grossissement variable et d'un double

prisme de cristal de roche qui est *placé*, *hors de la lunette*, sur l'œilleton auquel on adapte les verres colorés pour les observations du soleil. Cette annonce, je l'avoue, ne m'a pas médiocrement étonné : j'ai néanmoins attendu près de trois mois pour relever tout ce qu'elle renferme d'inexact, dans l'espoir que le Dr Pearson, dont malheureusement j'ai oublié l'adresse, m'éviterait ce soin ; mais les Numéros du *Philosophical Magazine* des mois de juillet et d'août, que je viens de recevoir, ne renfermant pas un seul mot de relatif à cet objet, je me vois dans l'obligation de présenter moi-même ici l'historique du nouvel instrument.

Le révérend Dr Pearson, dont j'avais fait la connaissance à Londres il y a quatre ans, vint à Paris en juillet 1819, et, dans une de ses visites à l'Observatoire, me dit qu'ayant été récemment nommé membre de la Société royale, il desirait entreprendre quelque travail astronomique, et justifier par-là le choix de cette illustre Société. Je lui indiquai l'observation des mouvemens des étoiles doubles comme un sujet de recherches qui paraissait promettre d'importans résultats : M. Pearson y avait déjà pensé ; mais les défauts des micromètres destinés à la mesure des petits angles l'avaient, dit-il, empêché jusque-là de suivre son idée. Je lui montrai alors un instrument particulier que j'avais fait construire pour mon usage depuis huit ou neuf ans, et qui se prête parfaitement à ce genre de mesures ; je l'appliquai immédiatement à une lunette de Lerebours, et à défaut d'objets célestes, le temps étant couvert, nous déterminâmes ensemble le diamètre angulaire d'une petite boule qui termine le clocher de Ville-Juif. M. Pearson

parut convaincu, par cette épreuve, que mon nouvel instrument remplirait ses vues, et manifesta, dès ce moment, l'intention de s'en procurer un semblable. M. Fortin, qui jusque-là s'était chargé de les exécuter, étant alors occupé de la construction du grand cercle astronomique de l'Observatoire, j'adressai M. Pearson à M. Soleil, opticien, passage Feydeau, qui, à la même époque, faisait un de ces micromètres pour le célèbre rédacteur des *Annalen der Physik*, le Dr Gilbert de Leipzig. M. Soleil voulut bien, à ma prière, accepter cette nouvelle commission, et l'instrument fut remis au savant Anglais avant son départ.

Ainsi M. Pearson a vu chez moi un nouveau micromètre destiné à l'observation des angles très-petits; il a appris à s'en servir en mesurant une mire terrestre (la petite boule du clocher de Ville-Juif); il en a acheté un semblable (1) chez M. Soleil, opticien, passage Feydeau, qui l'avait construit sous ma direction : or, cet instrument, vu, essayé et acheté Paris, il y a un an, par M. Pearson, est précisément celui dont aujourdhui les journaux anglais lui attribuent l'invention!

Au reste, il est juste que je fasse remarquer, en termi-

---

(1) Si j'ai bonne mémoire, dans l'instrument que M. Soleil a fourni au Dr Pearson, cet artiste, qui généralement ne travaille pas le cuivre, s'était contenté de faire mouvoir l'une des lentilles de l'oculaire composé, sur une coulisse et à simple frottement; tandis que, dans tous ceux qui sont sortis des ateliers de Fortin, le déplacement de la même lentille s'exécute à l'aide d'un pignon engrenant dans une crémaillère, et se mesure sur une languette extérieure divisée, que parcourt un vernier.

nant, que l'erreur dont je me plains, appartient peut-être exclusivement aux journalistes qui ont rendu compte du Mémoire du Dr Pearson. J'imagine qu'en publiant, sans mon adhésion, la description de l'*oculaire micromètre*, ce savant, que je ne connais que sous des rapports honorables, n'aura pas du moins oublié de dire de qui il le tenait. Si je conservais quelque doute à cet égard, j'aurais donné à ma réclamation une toute autre forme. Il m'eût été facile, par exemple, de produire des observations de Saturne et de Mars faites avec le nouveau micromètre, et qui remontent, pour la première planète, au mois d'août 1814; pour la seconde, au mois d'octobre 1815; de prouver que cet instrument existe dans plusieurs observatoires : à Varsovie, par exemple, où M. Arminsky l'a transporté il y a environ six ans. J'aurais pu invoquer, en faveur de tout ce que j'avance, le témoignage d'une personne qui a vu M. Pearson essayer le nouvel instrument à l'Observatoire de Paris, et celui de l'artiste qui le lui a fourni, etc., etc. Mais en accumulant ainsi tant de preuves, je croirais faire injure à M. Pearson. Quand ce savant connaîtra cet article, il s'empressera, j'en suis sûr, de repousser lui-même le présent qu'ont voulu lui faire d'imprudens amis. (A.)

J'envoyais cette note à l'imprimeur avec le regret de ne pouvoir pas dire si M. Pearson, dont le Mémoire ne m'est connu que par un extrait très-abrégé, n'avait pas ajouté quelque perfectionnement à mon *oculaire micromètre;* mais M. Slawinski, jeune astronome polonais,

qui arrive de Londres, vient de me montrer un de ces instrumens exécuté par *Thomas Jones* de *Charrin-Cross*, et je puis affirmer qu'il est exactement semblable à ceux que M. Fortin avait construits pour l'Observatoire de Paris. J'ai seulement quelque peine à concevoir pourquoi les artistes anglais ont cru devoir substituer aux prismes très-minces (1 millimètre) dont on se sert ici, des prismes d'ailleurs construits sur les mêmes principes, mais ayant 10 millimètres d'épaisseur, et qui seraient absolument sans usage avec de très-forts grossissemens. J'ajouterai qu'ils ne paraissent pas avoir remarqué, non plus, qu'avec la coupe usuelle du cristal de roche, les faces du double prisme extérieur ne doivent pas être perpendiculaires à l'axe optique de la lunette, à moins toutefois qu'on ne s'astreigne à n'observer que dans une partie très-limitée du champ. En publiant prochainement la description de l'*oculaire micromètre*, j'entrerai, à cet égard, dans tous les détails convenables; je joindrai également au Mémoire, quelques-unes des déterminations que cet instrument m'a fournies, en choisissant de préférence les objets, tels que les ombres des satellites de Jupiter, qui, à cause de leur petitesse, ont été jusqu'à présent plutôt soumis à de simples estimes qu'à des mesures directes. Je ne sais si je dois me flatter qu'en considération de l'exactitude que procure l'*oculaire micromètre* et des nombreuses applications auxquelles il se prête, le lecteur me pardonnera cette longue réclamation; en tout cas, je trouverai mon excuse dans ce passage de Fontenelle dont les astronomes-praticiens ont tous les jours l'occasion de sentir la justesse : « ce qui n'est, dans » l'astronomie, que de pratique et de détail est d'une

» extrême importance; et la manière d'observer, qui
» n'est que le fondement de la science, est elle-même
» une grande science. »

Note *sur la Composition du sulfate double d'alumine et d'ammoniaque.*

Par M. Anatole Riffault.

On ne trouve, dans aucun Traité de Chimie, la composition de l'alun à base d'ammoniaque; il est cependant indispensable de la connaître si l'on veut faire une analyse rigoureuse des différentes variétés d'alun du commerce, qui toutes, et spécialement celles de l'étranger, contiennent une certaine quantité de ce sel. M. Berzelius a donné, pour représenter les deux espèces d'alun, les formules $\ddot{K}\dddot{S}^2+2\dddot{Al}\dddot{S}^3$ et $NH^6\dddot{S}+\dddot{Al}\dddot{S}^3$, d'après lesquelles l'alun ammoniacal ne contiendrait qu'une proportion de sulfate d'alumine, tandis que l'autre en renfermerait deux. La formule, d'ailleurs, n'indique point la quantité de l'eau, et la détermination de cet élément est néanmoins importante, puisque, quelque analogie qu'on suppose exister entre l'alun ammoniacal et l'alun ordinaire, il est évident que le premier de ces sels doit contenir plus d'acide et plus d'eau que le second, le nombre proportionnel de l'ammoniaque étant plus faible que celui de la potasse.

J'ai pensé, en conséquence, qu'il ne serait pas inutile d'entreprendre l'analyse de ce sel, et, dans cette

vue, j'ai purifié, par plusieurs cristallisations successives, de l'alun ammoniacal du commerce, et je l'ai amené à ne plus contenir de fer; je l'ai alors réduit en poudre très-fine et fait sécher à l'air.

13^{gr},420 de ce sel ont été introduits dans un creuset de platine, et chauffés d'abord avec précaution, afin de dégager toute l'eau en évitant le boursoufflement de la matière; la masse étant presque sèche, on a mis le creuset au milieu des charbons ardens où il a été maintenu, pendant une heure et demie environ, à une forte chaleur rouge. Le résidu obtenu est de l'alumine pure. (*Annales de Chimie*, t. V, p. 101.) Elle pesait 1^{g},603 ou 11,944 pour cent.

Une seconde opération conduite de la même manière et faite sur 10,446 de matière, a laissé 1,241 de résidu ou 11,869 pour cent.

En prenant la moyenne de ces deux expériences, on trouve, dans 100 d'alun, 11,906 d'alumine pure.

Pour déterminer l'acide sulfurique, on a fait dissoudre dans l'eau 6^{g},522 d'alun, et on les a décomposés par le chlorure de barium; on a obtenu 7^{g},010 de sulfate de baryte, contenant 2^{g},3547 d'acide sulfurique ou 36,104 pour cent.

6^{g},042, précipités semblablement par le chlorure de barium, ont produit 6^{g},455 de sulfate de baryte, représentant 2^{g},1684 d'acide sulfurique ou 35,991 pour cent. La moyenne de ces deux essais donne 36,042 pour cent d'acide sulfurique.

Il est maintenant aisé de trouver avec ces données la composition du sel dont il s'agit. En effet, 11^{g},906

d'alumine s'unissent à 26g,979 d'acide sulfurique ; et les 9g,063 restant de cet acide saturent 3g,898 d'ammoniaque ; d'où l'on déduit pour les ingrédiens de l'alun ammoniacal :

Sulfate d'ammoniaque,	12,961 ;
Sulfate d'alumine,	38,885 ;
Eau,	48,154.
	100,000.

La théorie des proportions chimiques confirme pleinement cette analyse ; car, en calculant les élémens du sel dans l'hypothèse qu'il est formé comme l'alun ordinaire, on trouve :

1 proportion sulfate d'ammoniaque,	71,67	12,838 ;
3 proportions sulfate d'alumine,	216,69	38,816 ;
24 proportions d'eau,	269,88	48,346.
	558,24	100,000.

Telle est donc la véritable composition de l'alun à base d'ammoniaque. Elle est tout-à-fait semblable à celle de l'alun ordinaire ; seulement, comme le nombre proportionnel de ce dernier est plus grand, en rapportant à 100 les deux compositions, elles présenteront une légère différence dans les quantités d'eau et de sulfate d'alumine, ainsi qu'on peut le voir dans le tableau suivant :

	Alun ammoniacal.		Alun ordinaire.
Sulf. d'ammoniaq.,	12,838;	sulf. de potasse,	18,315;
Sulf. d'alumine,	38,816;	sulf. d'alumine,	36,377;
Eau,	48,346;	eau,	45,308.
	100,000.		100,000.

SÉDIMENT *rouge de l'urine.*

Par le Dr PROUT.

J'AI dernièrement eu l'occasion d'examiner l'échantillon le mieux caractérisé du sédiment rouge de l'urine que j'aie jamais vu. Il était presque entièrement composé d'urate d'ammoniaque. Les sédimens rouges sont formés ou de cette substance, ou de l'urate de soude mêlé avec plus ou moins de phosphates. Lorsque l'urate de soude et les phosphates dominent, le sédiment prend ordinairement la forme de ce que l'on a appelé *le sédiment briqueté.* J'ai trouvé plusieurs fois de l'acide nitrique dans des échantillons de cette dernière espèce; et, dans tous les cas, je me suis convaincu que la couleur rouge de ces sédimens dépend du mélange d'une petite quantité de purpurate d'ammoniaque ou de soude, suivant que le sédiment est lui-même composé d'urate d'ammoniaque ou de soude. On pourrait peut-être expliquer la formation de l'acide purpurique, en supposant que les acides nitrique et urique sont sécrétés en même temps, et que l'acide purpurique, ou plutôt le purpurate d'ammoniaque est formé par l'action de l'acide nitrique sur l'acide urique. (*Annals of Philosophy.* XV. 155.)

Sur *une Fleur nouvellement découverte, et qui a des dimensions extraordinaires.*

M. Robert Brown a lu, le 30 juin dernier, à la Société linnéene de Londres, un écrit relatif à un nouveau genre de plantes qui fut découvert à Sumatra, en 1818, par feu le Dr Joseph Arnold. Ce genre a été appelé *Rafflesia*, du nom de Sir Stamford Raffles, sous les auspices duquel voyageait M. Arnold.

La fleur sort directement d'une racine horizontale. Le jet est couvert de feuilles florales rondes, imbriquées, d'une teinte brune obscure, et ressemble assez à un chou.

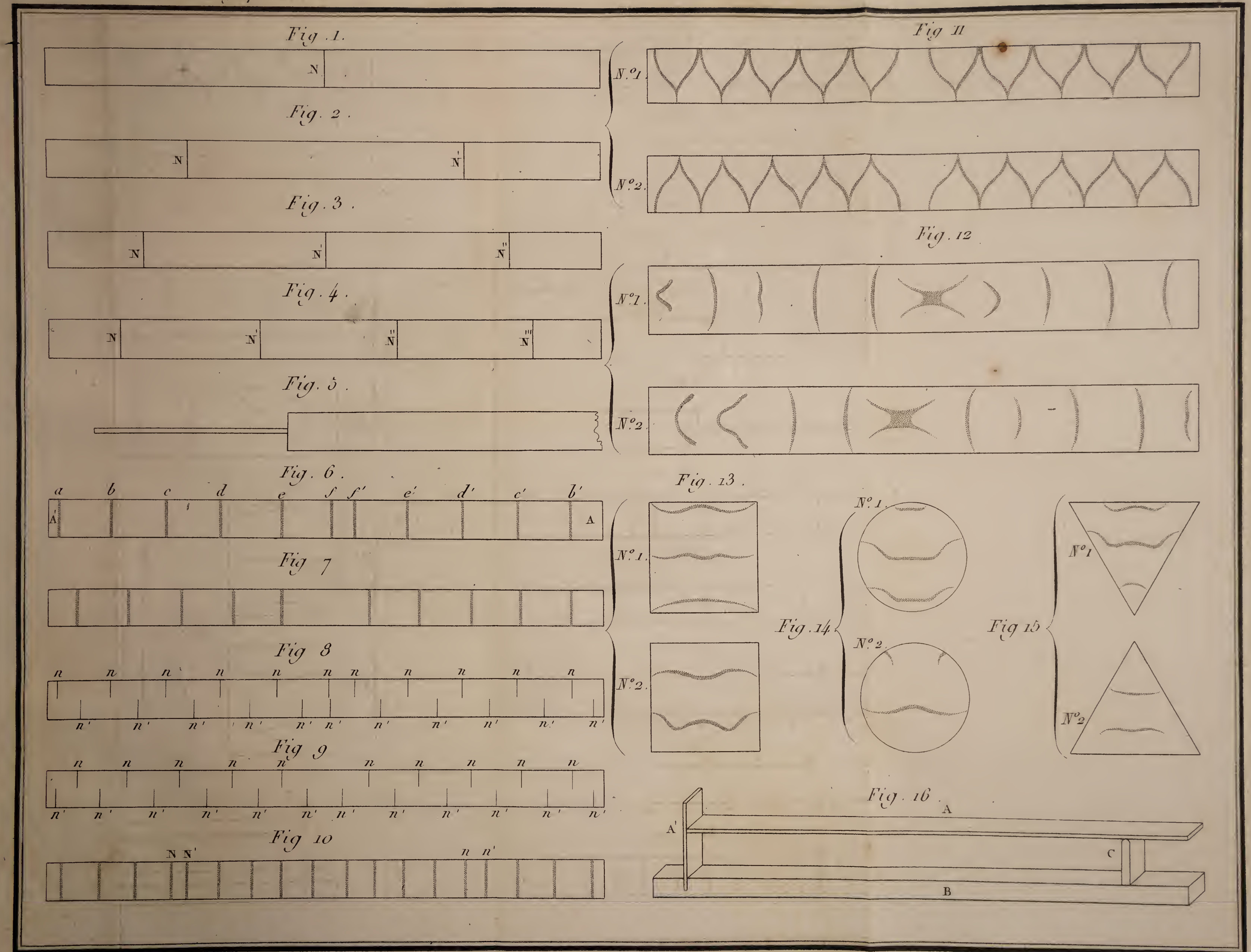
Il résulte des mesures directes faites sur les lieux que la fleur, ouverte, a *trois pieds de diamètre et qu'elle pèse quinze livres ; son tube contiendrait douze pintes.*

M. Brown, en traitant des affinités de cette plante singulière, la compare principalement aux aristoloches et aux passiflores; il n'a pas prétendu toutefois décider quel est celui de ces deux genres dont elle se rapproche le plus. M. Brown soupçonne aussi que la plante est parasite sur la racine qui la supporte; mais pour décider complètement cette question, de nouvelles observations semblent encore nécessaires.

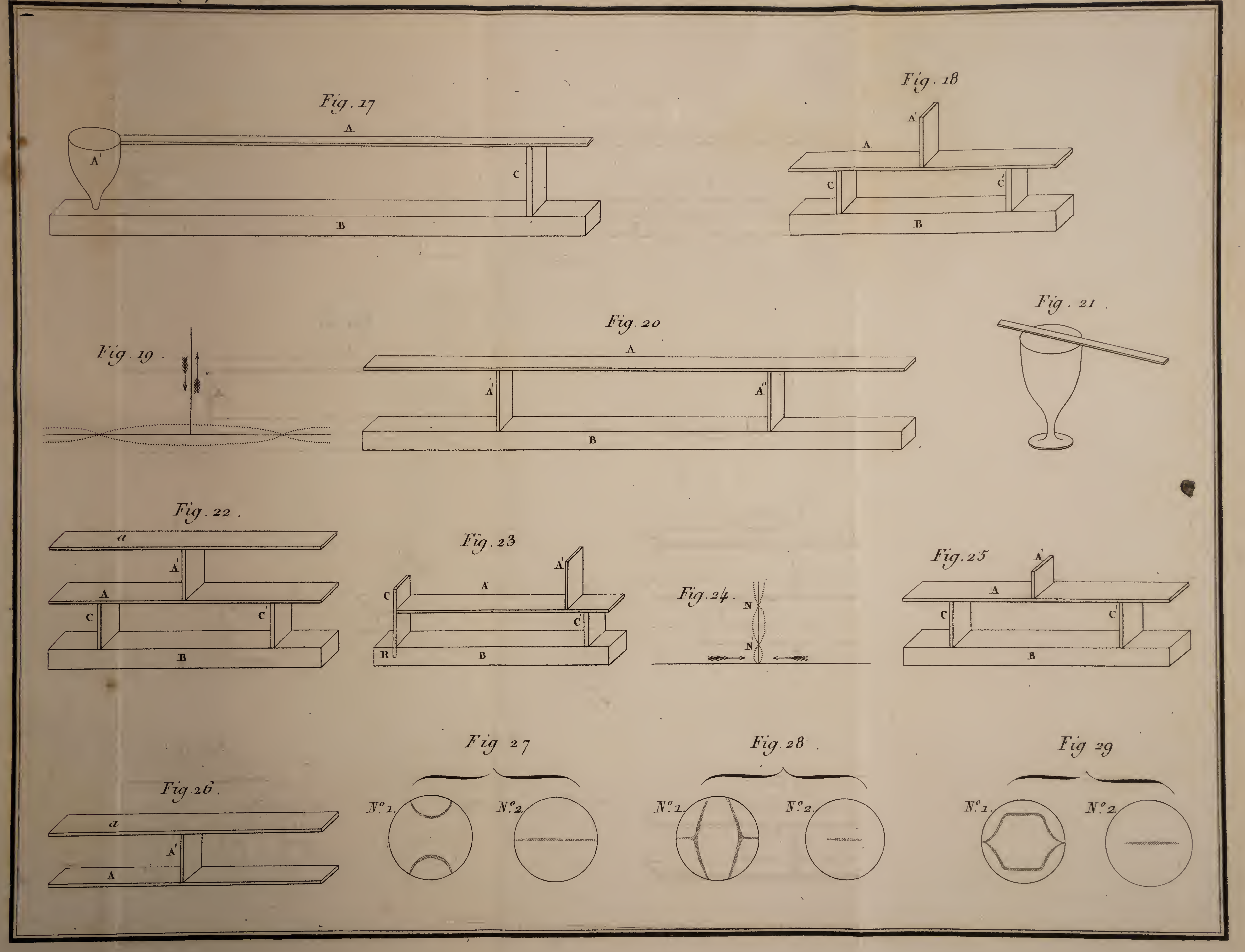
La plus grande fleur qu'on eut trouvée jusqu'ici est la fleur pourprée de l'*aristolochia cordiflora*; suivant les mesures de M. de Humboldt, son diamètre est quelquefois de *seize pouces*. Sur les rives de la Magdalena, les enfans s'amusent à s'en couvrir la tête. (Voyez *Humboldt* et *Kunth*, *Nov. Genera*. Vol. II, p. 149; et *Humboldt*, *Tableaux de la nature*. T. II, p. 62.)

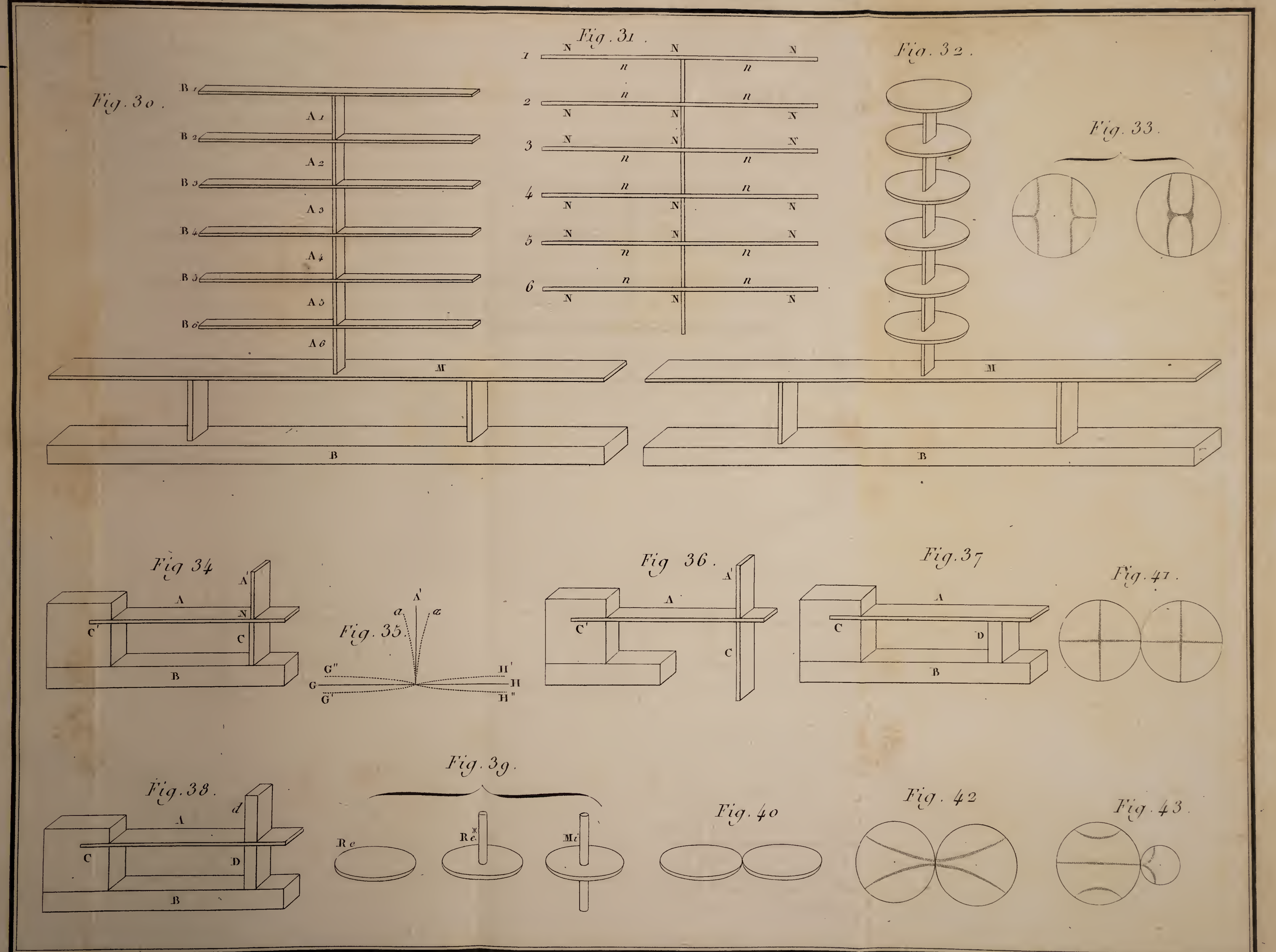
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. *Août 1826.*

JOURS.	9 HEURES DU MATIN Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	MIDI. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	3 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	9 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	THERMOMÈTRE. maxim.	minim.	ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS.
1	756,06	+26,0	62	756,44	+25,8	68	756,06	+26,2	62	757,00	+19,0	74	+26,2	+17,8	Couvert.	S. O.
2	761,24	+22,2	63	761,06	+22,9	62	760,90	+23,5	50	761,27	+18,4	63	+23,5	+15,8	Nuageux.	O. N. O.
3	759,63	+26,0	50	758,50	+27,9	44	756,82	+28,1	40	755,60	+22,0	52	+28,1	+14,2	Légers nuages.	S.
4	754,45	+23,4	57	754,15	+26,5	58	753,45	+26,5	57	754,10	+18,7	89	+26,5	+17,2	Très nuageux.	S. O.
5	757,34	+20,2	60	756,50	+22,5	50	756,36	+22,8	45	757,18	+17,0	60	+22,8	+13,0	Très-nuageux.	S. O.
6	755,21	+20,4	64	754,16	+24,5	51	753,26	+23,5	53	752,68	+19,7	78	+24,5	+14,0	Couvert.	S. S. O.
7	755,27	+20,2	58	755,80	+21,6	50	756,26	+21,9	47	758,54	+15,5	68	+21,9	+14,0	Couvert.	O. S. O.
8	758,90	+21,8	54	757,94	+25,1	45	756,57	+24,4	43	755,63	+18,9	52	+25,1	+11,6	Quelques nuages.	S.
9	758,90	+20,6	74	759,25	+24,4	64	759,30	+25,0	62	761,50	+19,4	89	+25,0	+13,5	Couvert.	S. O.
10	764,20	+19,8	63	763,61	+24,5	51	762,68	+24,8	40	762,72	+21,0	60	+24,9	+12,8	Légers nuages.	N.
11	762,51	+21,8	59	761,56	+26,2	52	760,35	+27,1	48	760,33	+22,5	60	+27,1	+15,0	Beau.	N.
12	760,28	+23,0	68	760,67	+25,9	50	760,35	+25,8	47	758,94	+21,3	67	+25,9	+16,0	Voilé.	N.
13	758,50	+22,0	69	757,85	+24,4	53	757,18	+25,0	41	757,70	+19,0	62	+25,8	+15,0	Légers nuages.	N.
14	757,20	+22,3	59	756,35	+25,8	40	755,53	+26,6	30	755,10	+19,2	45	+26,6	+12,2	Légers nuages.	E.
15	754,63	+26,7	45	753,69	+31,2	40	752,85	+31,3	36	754,72	+24,1	60	+31,4	+12,8	Légères vapeurs.	N.
16	756,20	+24,0	60	755,76	+27,4	42	755,53	+26,5	55	756,47	+23,4	64	+27,4	+16,2	Légers nuages.	O. S. O.
17	756,00	+24,6	65	755,24	+27,5	64	754,03	+28,1	59	753,50	+22,0	66	+28,1	+21,0	Superbe.	S. O.
18	752,53	+25,8	69	752,35	+23,1	70	751,24	+25,2	62	750,65	+19,9	69	+25,8	+19,0	Très-nuageux.	O.
19	749,93	+16,3	70	750,05	+21,5	52	750,18	+20,2	41	752,45	+14,5	51	+21,5	+14,5	Très-nuageux.	O.
20	754,06	+19,6	57	753,73	+20,9	48	753,04	+22,8	40	752,37	+18,5	53	+22,8	+ 9,0	Très nuageux.	O.
21	748,77	+16,8	75	748,55	+18,0	75	747,46	+20,0	75	746,34	+16,9	93	+20,0	+16,8	Pluie fine.	E. S. E.
22	745,30	+18,0	93	745,26	+17,9	91	745,40	+15,9	94	748,45	+13,8	90	+18,1	+13,8	Pluie fine.	N. O.
23	755,62	+15,2	81	757,03	+15,5	81	758,37	+13,8	84	760,12	+12,7	82	+15,5	+12,6	Couvert.	N.
24	761,00	+16,4	70	760,48	+19,5	57	759,50	+20,2	54	759,20	+16,4	74	+20,3	+10,3	Nuageux.	N.
25	758,73	+21,5	53	757,95	+22,5	49	757,07	+23,5	37	756,38	+16,5	51	+23,5	+14,5	Nuageux.	S. O.
26	753,40	+19,5	77	753,80	+16,6	82	753,44	+19,5	64	753,20	+16,7	80	+19,5	+13,8	Pluie.	O.
27	753,80	+17,0	59	754,07	+20,3	47	754,18	+20,9	42	754,00	+16,4	60	+20,9	+12,5	Nuageux.	O fort.
28	750,03	+19,1	62	748,88	+19,8	60	749,43	+13,0	82	751,56	+12,1	83	+20,4	+11,5	Couvert.	S. O. fort.
29	753,17	+16,2	72	752,66	+19,6	46	752,65	+19,0	43	752,81	+13,8	70	+19,6	+ 8,2	Nuageux.	S. O.
30	755,00	+19,6	64	755,38	+19,9	59	755,44	+17,8	54	756,90	+12,5	80	+19,9	+12,1	Pluie par intervalle.	O.
31	758,30	+16,0	76	758,04	+21,2	47	757,63	+19,2	45	757,57	+14,5	73	+21,2	+ 8,5	Nuageux.	N. O.
1	758,12	+22,1	60	757,74	+24,6	54	757,17	+24,7	50	757,63	+19,0	69	+24,9	+14,4	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	756,18	+22,6	62	757,72	+25,4	51	755,03	+25,9	46	755,12	+20,4	60	+26,2	+15,1	Moyenn. du 11 au 20	Cour, 5,003
3	753,92	+17,8	71	753,76	+19,2	63	753,69	+18,4	61	754,23	+14,7	75	+19,9	+12,2	Moyenn. du 21 au 31.	Terrasse, 4,673.
	756,01	+20,7	65	755,71	+22,9	56	755,40	+22,8	53	755,61	+17,9	68	+23,5	+13,8	Moyennes du mois, + 18,7.	


Fig. 1.
N
Fig. 2.
N
N'
Fig. 3.
N
N'
N''
Fig. 4.
N
N'
N''
N'''
Fig. 5.
Fig. 6.
a b c d e f f' e' d' c' b'
A
A
Fig 7
Fig 8
n
n'
Fig 9
n
n'
Fig 10
N N'
n n'
Fig 11
N.° 1.
N.° 2.
Fig. 12
N.° 1.
N.° 2.
Fig. 13.
N.° 1.
N.° 2.
Fig. 14.
N.° 1.
N.° 2.
Fig 15
N.° 1
N.° 2
Fig. 16.
A
A'
B
C




Fig. 17
A
A'
C
B
Fig. 18
A'
A
C
C'
B
Fig. 19.
Fig. 20
A
A'
A''
B
Fig. 21.
Fig. 22.
a
A'
A
C
C'
B
Fig. 23
A'
A'
C
C'
R
B
Fig. 24.
N
N'
Fig. 25
A'
A
C
C'
B
Fig. 26.
a
A'
A
Fig 27
N.° 1.
N.° 2.
Fig. 28.
N.° 1.
N.° 2.
Fig 29
N.° 1.
N.° 2.


Fig. 30.
B 1
A 1
B 2
A 2
B 3
A 3
B 4
A 4
B 5
A 5
B 6
A 6
M
B
Fig. 31.
N
n
Fig. 32.
M
B
Fig. 33.
Fig 34
A
A'
N
C'
C
B
Fig. 35.
A'
a
a
G''
G
G'
H'
H
H''
Fig 36.
A'
A
C'
C
Fig. 37
A
C
D
B
Fig. 41.
Fig. 38.
A
d
C
D
B
Fig. 39.
Re
Re
Mi
Fig. 40
Fig. 42
Fig. 43.

TABLE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

FIN DE LA TABLE DU QUATORZIÈME VOLUME.

